

第5世代のコンピュータ

中間報告 (要 旨)

昭和55年11月

JIPDEC

財団法人 日本情報処理開発協会



注 記

本書は、第5世代コンピュータ調査研究委員会の
中間報告を要旨として取りまとめたものです。
許可なく、引用及び転載することを禁じます。

本書は、日本自転車振興会から競輪収益の一部である
機械工業振興資金の補助を受けて作成したものです。

I- システム化技術研究分科会

1. システム化技術研究分科会の役割と報告概要	1
2. ユーザ・ニーズの実態	9
3. 代表的利用分野における第5世代コンピュータへの要求	16
3.1 CAE/CAOシステム	16
3.2 オフィスオートメーションシステム	21
3.3 意思決定支援システム	27
3.4 知能ロボットシステム	34
3.5 分散型データベースシステム	37
4. 要求仕様のまとめ	46

1、システム化技術研究分科会の役割と報告概要

1.1 検討経過

情報技術は現代の社会のあらゆる場面に組み込まれ、そのことが逆にわれわれの社会の枠組みを定める条件の一つにさえなっている。VLSI, 光ファイバーなどの新しい素子の登場と情報技術の実用化が、今後の社会の変化に対し、多くの面でインパクトを与え、またそれが更に次の発展の引き金を引くものと考えられる。

昨年度発足したオラ世代コンピュータ調査研究委員会の社会環境分科会では、1990年を目途として、わが国における社会環境の望ましい姿を設定し、これを実現するに当たって予想される多くのボトルネックに対し、新しい情報技術がどのように機能することとを求められているかを検討した。

昨年においてまとめられたボトルネックは次のような5項目に集約される。

①低生産性分野への情報技術の組み込み

②国際化の問題

③省エネルギー・省資源

④高齢化と高教育化の社会

⑤社会の情報化と人間とのインタフェース

こゝら成果を基礎に今年度は「システム化技術分科会」を設け、社会的ニーズとシステム化技術によって、第5世代コンピュータ・システムの要求仕様へ展開するという作業をこゝまで実施してきた。

1.2. 研究作業のブレーク・ダウン

システム化技術分科会では、1990年代の社会的ニーズと第5世代コンピュータ・システムの要求仕様として固めるために、現状の社会における代表的な高度利用ユーザとヒアリングして、より高度なコンピュータ・システムのあり方、現在のコンピュータの問題点を探るとともに、昨年度抽出された社会的ボトルネックを解消する代表的システムとして5

3

分野をとりあげた。

① ユーザ・ニーズの実態調査

急激に進歩しつつあるデータ処理の分野で、10年後を予測しようとする、単に歴史的データを延長するだけでは不十分であり、社会制度の変化や大きな技術的ブレーク・スルーを含む必要がある。そこで現状におけるコンピュータの高度利用ユーザを十数件訪問ヒアリングし、アプリケーション・ニーズを聞き出し、それに対して事実解釈を行って、アプリケーションの世界をコンピュータ側の話題に作り直すとともに、ニーズと研究開発テーマのギャップを解消するため、ニーズ群を共通と思わせる開発テーマにグループ化した。

② CAE / CAD システム

日本企業は今後とも益々国際化するものと思われるが、我が国の代表的産業であるエンジニアリング産業、航空機産業、建設業、電気機械産業、造船・海洋開発産業等をもとに、1990年代を

3

用途にエンジニアリング、設計等から要請されるコンピュータ・システムに対する要求仕様を探った。

また、1990年代に本格化する代替エネルギー分野についてもコンピュータへの要求条件の観点からとりまとめを行った。

③ オフィス・オートメーション・システム

工場のオートメ化に比して、低生産性が指摘されているオフィスのオートメ化が、徐々に展開されているが、この分野についてもユーザの意見調査を行うとともに、各種文献にもとづくイメージ調査を行った。また、わが国独自のオフィス・オートメーション(OA)化の道を探るため、トランザクション・ドリブン型定型業務OA、企画・調査型業務OA、対人型業務OA等の典型的な業務タイプ別のOAイメージの想定を行った。

④ デシジョン・サポート・システム

各分野での情報化の中でも特に高度なものとし

て、人間の意思決定をサポートするシステムがある。これを個人のみならず、集団の意思決定をも支援するような共用のデータベースとネットワークをもとにシステムを構築した。

ここではシステムがユーザ・フレンドリであるようなマンマシン・インタフェースと、対象に対してシステム自身を適応させたり、自己修復が可能な生命型アーキテクチャを提案している。

⑤ 知能ロボット・システム

1990年代における省カ化環境とデータ・ネットワーク離れを想定し、人間の定型作業や悪環境下で、ある程度の自己判断を行いつつ動作するロボットについて研究を行った。このロボットは、外部環境の有用な情報を抽出し認識する、外部に対し有効な働きかけを行う行動をする、自律的に認識と行動を行う判断、思考、学習機能をもつ、人間の指令を解釈し、結果を説明する対人対話機能などを持つ。

⑥分散型データベース・システム

分散データベースは、通信ネットワークを介して互いに通信可能な複数のデータベース・システムを、どのデータベースに何のデータがあるか、又各データベースをどのようにアクセスするかを意識することなく、各種のデータベースを統合的に利用できるシステムである。このような分散データベース・システムを実現するために必要な開発項目を探る事とし、アプリケーション・モデル、データベース・システム・モデル、通信モデルの三つのモデルを最適に統合することによって実現することと想定している。

1.3. 他分科会への要求とまとめ

以上の6分野のうち、①ユーザ・ニーズ実態調査を除く②～⑥の代表的分野にもとづき、次世代コンピュータ・システムへの要求条件を求めるため、それぞれの分野への応用イメージを想定しそこから

トップ・ダウン的に検討し、Ｔ分科会及びＡ分科会等への要求条件を抽出した。また、①ユーザ・ニーズ実態調査は高度利用ユーザでの要求項目をもとに、ボトム・アップ的に将来のコンピュータの持つべき新たな機能・性能を引き出すとともに、トップダウンで検討した要求条件の実現性、妥当性の検証の基準を与えている。

これらの解決により、欲しい情報にいつでもアクセスできる、人々の理解しやすいスタイルで情報が入手できるという時代は、一方において人々の能力の増幅であるが、他面ではこれにどこまで人々が対応できるかという問題も発生する。今日においても、既にテレビ、電話、各種の出版物など情報過多といわれる時代であるが、情報は結局はどこかに人々の活動とむすばれ始める有用だということになる。そしてこれまでの情報過多は、受身の形が多かったが、これから、利用手段の

多様化という形で、人々の周辺をとりまくことになる。

これらは、人間のこれまでの行動様式を変えるに違いない。自宅勤務はもちろん可能になるだろう。しかしそのための方法論は、まだ未熟である。現在われわれの持つ方法論は、情報を入力する手段が貧弱だった時代の遺物である。そこでは入ってきた僅かな情報をいかに加えし推論していくかという手法が発達した。どうしてもわからないときは、原理とか原則を固定化し、それで判断するというやり方もとられていた。宗教とかイデオロギーというのはそれである。しかしながらこれからは、大抵の情報は入手し加えることが可能である。従ってその時代のためには、新しい方法論が必要ではずだが、まだはかばかしいとはいえない。それがオ五代コンピュータの出現の頃には解決していることを期待したい。

2. ユーザ・ニーズの実態

次頁の図は聞き取り調査（ニーズ）から、技術開発項目（シーズ）に至る展開過程を示したものである。意図した点は現時点に重きがおかれる聞き取りと、将来の姿を描く研究テーマの広く深いギャップを埋めることである。

過去20年間のデータ処理の発展は、軍用システム、原子力、アポロ計画等の先進的プロジェクトに参画したコンピュータ・ユーザのアプリケーション面でのニーズが新しい技術に発展した事例が極めて多い。しかもレーダーデータ処理、バーンアップ計算、部品表データベースなどが、民生技術に定着するのに10年前後を要している。したがって、今回も国内での先進的アプリケーションがもたらえる問題をニーズとして発掘すべく努力した。ここではニーズ、シーズの関係づけはデータベース管理系のみにとどめ、他の分野についてはニーズだけの図をそれ以降に示した。

① 図形・画像データベース、分散データベース、……、低速大容量データベース等は聞き取り調査から得られた開発テーマである。

このうち図形・画像データベースは特殊なので「マンマシンインタフェース」、磁気ディスク・バブルと低速大容量データベースは「ハードウェアの機能と性能」へ分類替えできる。

② のみは「DBMS」として一括できるテーマである。

③ DBMSを研究テーマとしてみると、ニーズ（聞き取り調査の結果）と研究開発項目とは直接対応しない。

④ 研究テーマとしての項目だてはそれ自身独立の分野として扱うべきである。

⑤ データの意味論的扱いとモデリング以下8項目例示

⑥ 説明のために「ユーザインタフェース」と「システム実現手法」について微細構造を示す。

図形画像データベース

特殊データベース

マンマシン インターフェース, へ

分散データベース

データ辞書

系構造データベース

巨大データベース

D B M S

データの意味論的扱いとモデリング

データベース設計法

データベースのソフトウェアエンジニアリング

分散データベース系

ユーザインターフェース

グラフィックインターフェース

超高水準言語

自然言語インターフェース

システム実現手法

データベースフェリ系

インタラクティビティと回復

並行処理

データベースマシン

アクセス制御

性能評価

磁気ディスク・バブル

低速大容量データベース

ランダムアクセスメモリ

ハードウェアの性能と機能, へ

《マンマシン インターフェース》

インテリジェント端末としてのグラフィックス(形状). 専用回路化 対話可能な図形認識系(画像) 印刷物の自動読取[画像を含む](特許). コメントリフ 書籍の自動読取. 伝送(図書館). ページのスク 原始図案の直接処理(銀行) CAI用プラズマディスプレイ(CAI). マイクロフィルムと連動 高精度自動レイアウト(特許). 10 ⁴ /mm ² 濃淡10水準 地形を認識してのアクセス法(画像). 川筋のスキャン	高性能 問題向き画像入出力
製図板として使えるグラフィックス(形状). AI-1024x1024 バッファの大容量化(形状). 4MB/画面 図形入出力の精度向上(画像). 4Kx4K ビクチャ プロセッサ(画像). MPP的なもの 対話式の画面修正(風洞) 大型・平面画像出力(画像. 自然語). 20"	高性能グラフィックス
自然語処理のレスポンス向上(自然語). 1秒程度 日本語による情報検索(特許) 字体の表示(自然語). 128x128ドット. 4Kx4Kラス 端末装置の機能の多様化・高級化(自然語). ソフトウェア	日本語処理
画像処理用高水準言語(画像) 検索用言語(特許) 人間の思考にマッチした言語(一般) 専門家専用言語(一般)	高水準言語
OSのカスタマイゼーション(形状. 風洞) コマンド言語[TSS]の標準化(CAI) ソフトウェアの標準インターフェース(形状) JCLの簡易化(技術計算) プログラム変換の自動化(技術計算)	プログラミング技術

《ハードウェアの機能と性能》

No. 2/5

Large Eddy Current 問題 (風洞), 100 GFLOPS 3D 画像処理 (画像), 現在の大型機の 10~100 倍 多値ルールのパターンマッチ (自然語), 現行の 100 倍 FEM [2D→3D] (技術計算), 現行の 10 倍	極超高速計算機 (100 GFLOPS)
	超高速計算機 (逐次式プログラム 数千 MIPS)
画像処理専用ハードウェア (画像), アフィン変換, フィルタ等のハード化 $g(x,y) = \sum_i \sum_j w_{ij} f_{ij}(x,y)$ のハードウェア化 (画像) LIPS 処理の高速化 (自然語) 並列データ検索機構 (特許) 複数ドットの並列処理 (画像), 4K×4K 4ch 多重画面の固定マッチング回路 (画像) 1000 台以上の端末の並行操作 (CAI)	問題向き計算機 (目的別・多種類)
高速 I/O チャンネル (形状), 光回路 HYPER チャンネル (風洞)	高速チャネル装置 (光回路化)
高速画像入力 (画像), 16×10^6 POINTS/ μ SEC	高速画像入力
図形・文字編集表示系 (特許・自然語), 4096×4096 ドット 文字 [フォント] 表示系 (自然語), 128×128 ドット/文字 風洞用グラフィック端末 (風洞), 4MB/画面 文献の写真的表示 (図書館), 15~16 走査線/mm ウィンドウ可能なグラフィック端末 (形状), 32bit-4MB/画面 大規模画像表示 (画像・形状), A1 サイズ・20" 以上など	高機能画像出力
高速大容量メモリ (風洞), 10GW-64bit 大容量主記憶 (日本語), 500MB-8bit 大規模画像メモリ (画像), 4K×4K, 8bit 多元アクセスメモリ (画像), マルチポート RAM 主メモリの信頼性向上 (技術計算), PME 数 1 回/10 日	高速大容量メモリ (500~1000 MB (8bit), 多元アクセス方式)
大容量磁気ディスク (銀行 特許), 2~300 GB, 10~30 ms 高速磁気ディスク (技術計算), 350 MB/s 以上 アーカイバル ファイル (特許), 160 MB/s - B5/年蓄積 風洞向きデータファイル (風洞), 240 GB	大容量ランダムメモリ (2~300 GB, 10~30 ms)

《人工知能と思われる分野》

No. 3/5

形状モデルデータベースにおける連想検索 (形状)

濃淡画像の形状判定 (画像)

空港の手荷物検査 (画像)

歪補正機能 (画像)

手書き文字認識 (形状)

図形・画像認識

地形・地質データの認識 (画像)

赤外線 (写真) によるプリント制御 (画像)

気象衛星のデータ処理 (画像)

リモートセンシング

重点部分の選択抽出 (形状)

画像データの圧縮・復元 (特許)

前景・背景の区別 (画像)

特徴抽出

日本語音声入力 (自然語)

音声認識

音声入力の文章化 (日本語)

かな漢字変換

学習による辞書作成 (自然語)

機械翻訳用辞書の作成 (自然語)

キーワード自動抽出 (特許)

知識ベース,
シソーラス

特許の日英 / 英日翻訳 (特許)

特許の自動抄録 (特許)

機械翻訳

言語処理アルゴリズムの開発 (日本語)

言語学

《データ ベース》

No. 4/5

エンジニアリング DB (形状), 図形中心・ハイフ・リット 図形情報の蓄積・検索 (一般), 非コード化手法 画像への 2 次元アクセス (画像)	図形・画像データベース
データベース サービス ネットワーク (特許)	分散 データ ベース
自然言語による検索辞書 (特許), 4×10^4 [1006/wd] ワードプロセッサ用文例集 (日本語) 辞書の共有とカスタマイゼーション (自然語), 公共辞書	データ 辞書
データベースの変更・拡張性 (自然語, 法務) 柔軟な検索の可能性 (特許) データモデルのカスタマイゼーション (法務)	柔構造データベース
不動産登記 DB など (法務), 数兆 bits 誤り検査, 機密保護 (法務), データベースマシン	巨大 データ ベース
大容量ランダムファイル (銀行, 特許), 2~3 GB ディスク 大容量高速インデックスファイル (特許), 300 MB	磁気 ディスク, バブル
超大容量ランダムファイル (特許), 160^5 [B5] ページ 1 年 大量データの高精度化 (風洞), 240 GB 登記事務用 データベース (法務), 4×10^{12} B	低速, 超大容量 ランダム デバイス

《 データ通信 》

インテリジェント図形処理端末(形状)

高速ミニコンピュータ(風洞) 100MIPS

モジュール プロセッサ(風洞)

分散処理

マルチスペクトラム画像データ処理系(画像)

気象データの処理(画像)

衛星通信

特許情報サービスのネットワーク化(特許)

分散データベース

大規模高速ネットワークの実現(法務)

広帯域データネットワーク

データ従量制料金体系(一般)

制度

《 その他 》

ソフトウェア技術の進展に対する疑問(一般)

ハードウェア利用技術への疑問(一般)

デバックツール不備(一般)

ソフトウェア工学

要求仕様はプログラミングより困難(一般)

要求仕様技術

コースウェアの開発(CAI)

プログラミング スキルの教育(一般)

教育

オフィスシステムのフィロソフィの確立(一般)

オフィスオートメーション

3. 代表的利用分野における 5 世代コンピュータへの要求

3.1 CAE/CAD システム

(1) CAE/CAD システム開発計画の概要

検討の視点

わが国の産業界のニーズ) の両立
国家的要請

わが国の強みの活用 - CAD/CAM の延長

弱点の補強 - 創造的技術開発力の強化

計画の概要

知的情報処理技術の活用

90年代の CAE/CAD システムのイメージ (図 1)

(2) 社会的要請と新システム目標

基本設計方針

産業界の強いニーズをベースとし

(図 2)

投資効果を考えてニーズをオリエントし

新システム目標

創造的な巨大複合型システムの開発

(図 3)

・ 先端技術開発型

・ 国際的 large collaboration 型

・ 多品種少量生産の自動化

に対応する ERP システムの開発

(3) 内外の技術の現状

CAD/CAMの現状

コンピュータグラフィックス

入力装置

出力装置

データベースシステム

ソフトウェア・パッケージ

米国の大型プロジェクト

IPAD, ICAM, NASF, SDMS

他国の大型プロジェクト

パターン情報処理、高性能レーザ応用統合生産システム、光応用計測制御システム、JIS

(4) 技術開発の課題

80年代の予測と 85年代への要求仕様

要素技術

- ・大型平板ディスプレイ装置
- ・三次元図形入出力
- ・統合化 複合化技術
- ・CAE/CAD開発用言語
- ・専用プロセッサ 開発支援システム

システム化技術

- ・開発設計技術専用ワークステーション
- ・実験代替用シミュレータ
- ・新プロセス開発
- ・多国語データベース作成自動化システム
- ・エンジニアリング・データ・ベース

(5) 今後の課題

=2D/3Dソフトをアタッチ プロジェクト・マネージャ・システム、石匠

図2 業界の課題と90代のニーズ

業種	現状の問題点	90年代の課題	システム機能強化へのニーズ					
			CAE CAD CAM の統合化	プロシエクト マネジメント	解析 シミュレーション	プロセス シミュレーション	ワークフロー オートメーション	多国語の 対応
エネルギー	- 輸入依存度が特に高い。 - 石油の供給制約。 - 代替エネルギーの開発が長期間にわたって必要。	- 石油に替る新エネルギーの早期開発・普及。 - 省エネルギーの促進。 - エネルギー制約の克服と新産業社会への対応。	○	○	○	○	△	
航空機	- 規模が欧米に較べ小さい。 - 防犯需要依存度が高い。	- 民間航空機分野の振興。 - 航空機開発の基本となる技術の革新を実現する。	○	○	○	△	○	
建築	- 住宅の質が悪い。 - 土地の不足・高値。	- 土地の有効利用を図る層構造モジュール。 - 省エネルギー型新住宅システムの開発。	○	○	○	○	○	
エンジン	- 欧米に比して経営状態が弱体。 - 技術開発力の格差がある。	- 海外輸出がプラント型からエンジン型へ変化。 - フォワード・エンジニアリングの強化。	○	○	○	○	△	
電気機械	- 社会的なニーズの変化への対応。 - 大量生産使い捨て時代から有価社会への対応。	- 新素材・光通信・超LSI・レーザー等最新技術の実用化。 - 多品種少量生産の自動化。 - 新製品開発力強化。	○	○	○	○	○	
造船	- 世界的構造不況。 - 中進諸国の進出。	- 海洋資源開発の総合エンジニアリング会社への変身。 - 生産システムの自動化。 - 船舶省エネルギーの高度化。	○	○	○	○	○	

図3 新しいシステム(CAE/D)の開発目標
(基本計画)

対象分野		創造的技術開発要素を含む、 大型プロジェクトのエンジニアリングおよび設計
規模		開発期間 10年
		エンジニア総数 1,000名
新システムの効果	生産性向上	所要期間を $\frac{1}{3}$ に短縮する 所要延人数を $\frac{1}{5}$ に減少する
	能力向上	新しいプロセスの開発・実用化 製品電子化・新製品開発・実用化 使用図の国語による図面およびドキュメントの作成

3.2 オフィス・オートメーション・システム

1. ユーザーの実態調査

- ・ 12社, 20アプリケーション

2. 1990年代のOAイメージ

(1) インテグレートド・オフィス・システム (IOS)

(c.f. 表1図)

(2) 業務タイプ別のOA

① トランザクション・ドリブン型定型業務

(処理内容)

データ入力

データチェック

処理

単純処理

データベース処理

単純計算

(メリット)

省カ化

コスト削減

生産性(能率)向上

(技術)

図形・ドキュメント入力

音声入力

端末の改善, ディスプレイ

データベース・アクセス, 更新

低コスト

パーソナル・コンピューター

ソフトウェア

WP

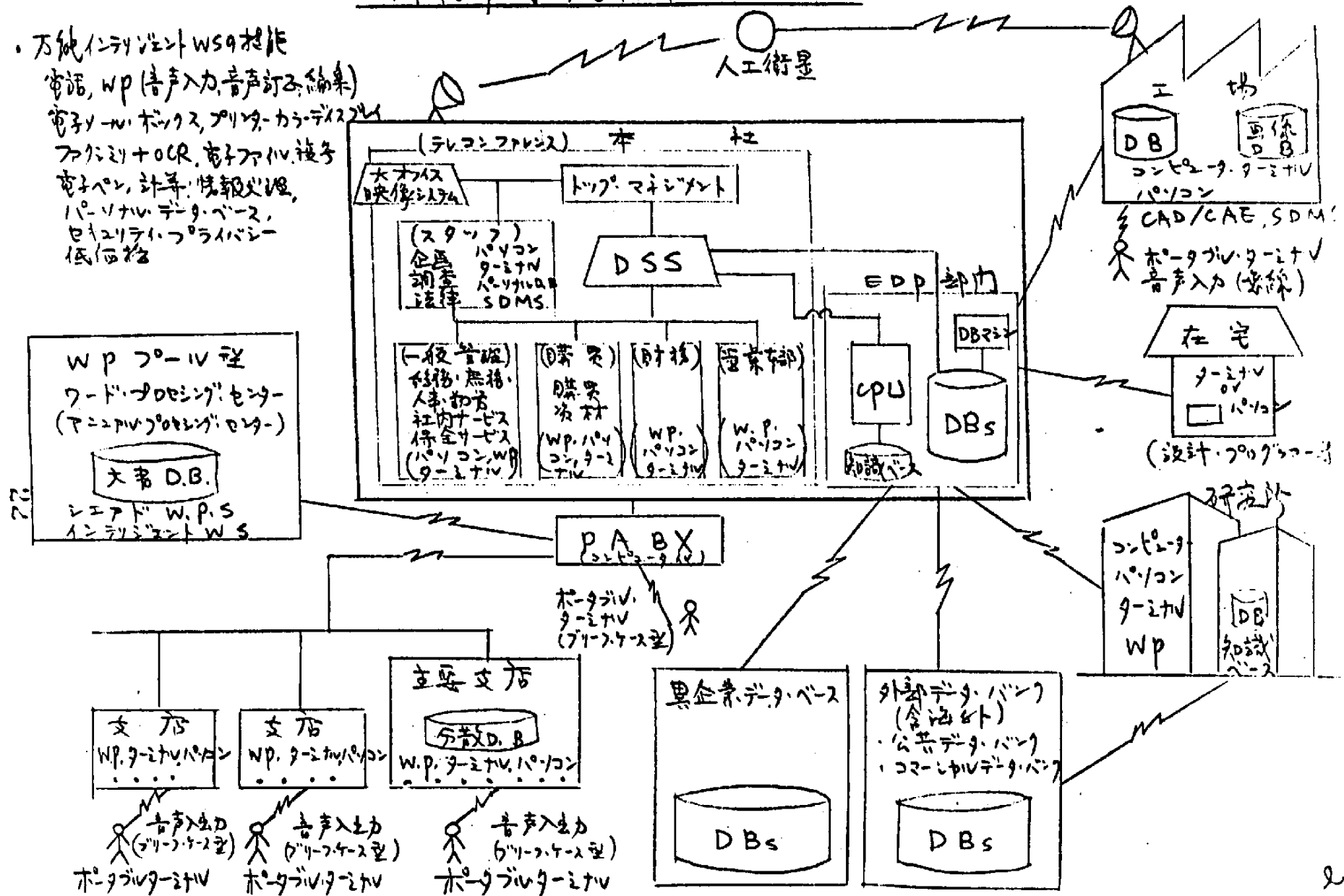
COM, CIM

光ディスク

etc.

1990年代のOAイメージ

- 万能インタラクトWSが提供
電話, WP (音声入力, 音声訂正, 編集)
電子メール, ボックス, プリンタ, カラーディスプレイ
ファクシミリ+OCR, 電子ファクス, 複写
電子ペーパー, 計算, 情報処理,
パーソナルデータベース,
セキュリティ, フライバイワイヤ
低価格



② 対人業務型 O.A.

(処理内容)

対人折衝、コミュニケーション、根回し

商談 カレンダー

製品PR スケジュール

交渉 テレコンファレンス

契約 オフィス映像

報告 部門間対談

オーダー

コミュニケーション(会議)

教育

人事

外部宣伝

広報

(技術)

対話支援、分野別データベース

対話支援画像情報処理

表示システム

音声入出力表示装置つき

ポータブル、ターミナル

音声入出力ターミナル(支店)

オフィス映像システム

対話オートディクテーション文章化

装置

CAI, コンサルティングシステム

支店業績別データベース

etc.

(メリット)

販売情報収集分析

活動サイクルの短縮

レス・ペーパー

③ 設計・エンジニアリング業務型 O.A.

(機能)

設計

エンジニアリング

(メリット)

活動サイクルの短縮

コスト削減

創造性の発揮

(技術)

設計図データベース

設計図とコメントの合成出力

技術情報データベース

シミュレーション

CAD/CAE

SDMS

自然言語処理

etc.

④ 企画・調査型業務のO, A,

(方法)	(支援ツール)	(技術)
方法の着想	内外データバンク	データ・ベース
情報収集	インタビュー	電話・電子メール
市場調査・調査	数理統計	数理統計プログラム
集計	モデリング	分析プログラム
分析(数値・非数値)	図表処理	数値・非数値情報表示 プログラム
シミュレーション	文献・新聞	
戦略案策定(オルタナ ティブとレポートの作成)	パーソナルファイル	インテリジェント・ターミナル, WS
プレゼンテーション		電子ファイル
		DSS
		SDMS
		パーソナル・コンピュータ
		インテリジェント WPS
		(音声入力, 自動編集)
		オフィス映像システム
		etc.

(メリット)

創造性の発揮
時間の短縮
意思決定支援資料作成の迅速化

⑤ 意思決定型業務のO, A,

(関与機能)	(支援ツール)	(技術)
予算	外部情報	内外データ・バンク
政策形成	交友	(とくに非数値)・
意思決定	インタビュー	多機能電話
命令	文献・新聞	多機能ターミナル
	企画調査部門	(含ディクテーション技能)
	オペレーショナル・レポート	オフィス映像システム
	シミュレーション	(図形処理表示装置 → 生成, 修正, ファイル)
		テレコンファレンス
		etc.

3. 開発内容

(1) マン・マシン・インタフェース

- ① 楽に間合わせができる
- ② 見易い
- ③ 小型で安価
- ④ 何れも入出力できる
- ⑤ 遠隔地伝送が簡単にできる

(2) 処理機能および性能

- ① 画像・図形の全面的処理機能と性能
- ② 画像情報データベース
- ③ 簡単な入力方法

(3) 人工知能

- ① 自然言語処理
- ② 知識データベース
- ③ DSS (デシジョン・サポート・システム)

(4) データ・ベース

- ・個人データ・ベース
- ・ドキュメント・データ・ベース
- ・図形・画像データ・ベース
- ・分散型・データ・ベース
- ・大容量データ・ベース
- ・DBMS

(5) 通信ネットワーク

- ・トータル・データ通信ネットワーク
- ・通信回線の自由化 → セキュリティ・プライバシー
の保護
- ・新技術 —— 光ファイバー通信等

(6) その他

- ・ソフト・コピー
- ・フレンドリー・ソフトウェア
- ・安全性問題

3.3 意思決定支援システム

(1) 概要

A. 歴史的背景

コンピュータは、その生い立ちからして、大量のデータの処理に向いているとされた。

給与や、財務会計、注文処理などの大量の伝票の処理に用いられたのはそのためである。

しかし、その後の高速化や記憶容量の増大などのコンピュータのハードウェアの進歩とそれを背景とする利用技術の進歩により、より上位レベルの管理者や経営者のためにコンピュータを使うことに眼が向けられるようになった。LP（リニアプログラミング）、予測、DYNAMOなどのツミュータなど、いわゆる経営科学がそれである。

その後1968年のMIS使節団の報告書が契機となりMIS（経営情報システム）ブームが起きた。MISは経営者に十分な情報を提供すれば良い意思決定ができるという仮定に基づいていた。この結果はデータベース

となつて実現された。

1973年に起きた第一次オイルショックとその後の経済の混迷は、従来の経営科学やデータベースに基づく経営情報システムが、基本的には過去のデータに依存しており、安定した状態での意思決定にしか役立たないという限界を認識させることになった。

これらに代つて経営管理者の経験や勘を重視しつつ、彼等の意思決定を支援しようとするシステムが注目を集めるようになってきた。これには2つの流れがある。1つは、P.G.W. Keen, M.S.S. Morton によつて提唱された経営者自身によるモデリングを支援するシステムで、DSS (Decision Support System) という場合通常これを指す。EXECUCOM社のIFPSはその実用化された例である。

もう一方は経営管理者を電話・会議などの雑用から解放し、意思決定に集中できるようにすると共に若干の意志決定における思考過程を支援しようとするものでRITAにその例

を見る二とができる。

ところで、これ迄コンピュータは高価なものである二とから、意思決定過程は、企業などの組織の経営管理者に限られてきた。しかし、マイコンの発達はパーソナルコンピュータのようにコンピュータの大量化をもたらしている。この傾向は今後も続き、次世代のコンピュータが実現する時期には、組織内の意思決定はもとより、医者、弁護士など個人の意思決定にも用いられるようになると考えられる。

このような認識から、本ワーキンググループでは、従来のDSSの通念から離れ、広く一般の人間の意思決定過程の本質に注目して、そこから新世代コンピュータの役割とそれへの要求を検討した。ここにその成果を報告する。

B. 概念

DSSは、個人あるいは集団が意思を決定する際に、充分に中広くかつ高度に洗練された情報を提供する、とともに人間の思考過程を支援することによって、最良の意思決定が可能となるようにするためのシステムである。意思決定の過程を大づかみにすると、

(i) 問題定式化, (ii) 代替案の作成,

(iii) 結果の予測, (iv) 評価と比較,

(v) 選択意思決定

となる。実際の場合においては、これらの過程が単純に連なっているわけではなく、多段階、多階層、さらには再帰的に組み合わさっているものと考えられる。

このような意思決定過程をサポートすることか目的であるDSSでは、各段階で様々な形式で求められる適切な情報を提供することか可能なデータベースと、その高度な利用技術、およびDSSの使用者が意思決定作業に集中できるためのあらゆる支援機能とが必要

になる。たとえば、ある決定をするのに必要とされる、より低水準の意思決定の自動／半自動化などの機能が要求される。

DISの目的をより詳しく示すならば、それは個人／集団意志決定の、

(i) 精度の向上……決定結果が正しい割合を高める

(ii) 期間の短縮……問題提起から決定までの時間の短縮

(iii) 効率化……意思決定のための費用の低減

と把握される。これを念頭に置いて、共通的技术課題のそれぞれについて、DISという観点から検討を加えることにする。

(2) システム構成

DISのシステム構成を次々頁の図に示す。大区分としては、マンマシン・インタフェース、モデル化サブシステム、知識処理部、データベース部、通信とネットワークの5部分から

構成される。勿論これは、現実のシステムが明確に分離された5つのモジュールから成るということを示している訳ではない。あくまで、処理機能を中心とした構成を表現しているに過ぎない。

マンマシンインタフェースは、他の部分のバックアップにより、実際の意思決定者に快適な作業環境を提供する。知識処理は、推論やインタクツョンなどにより、他の部分の活動を高水準のものにする。データベースは、データ、知識、アルゴリズム等の蓄積その他を行う。通信は、現実的ないし意思交換や分散データベースのサポートとなる。モデル化サブシステムは、意思決定という局面に特有なモデル構成問題を扱う。

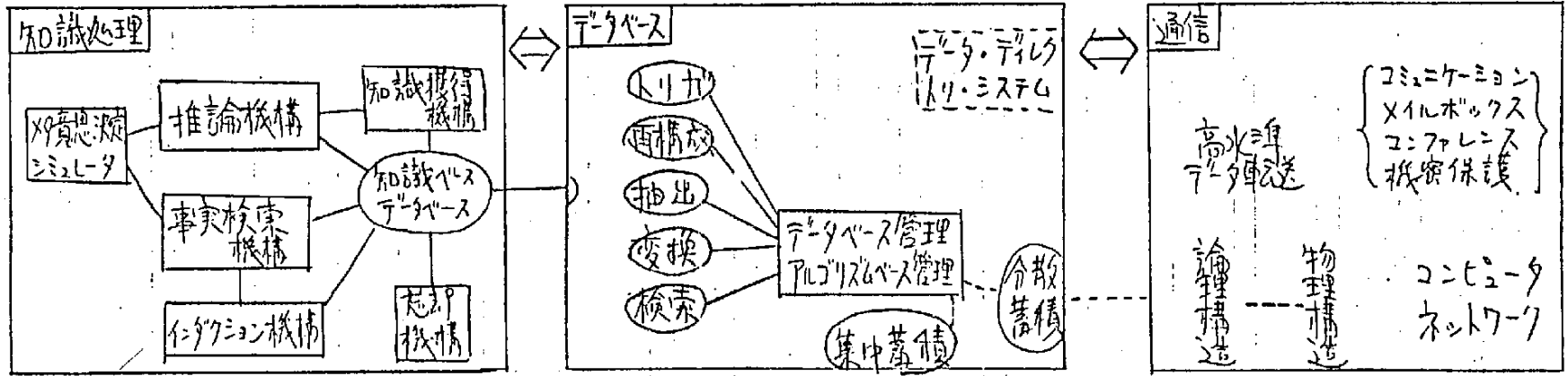
以上の各部分に対し、それらを実現するための基本技術のごく一部を最下部に示した。これらはほんの一例である。

マンマシン・インタフェース

ユーザ・フレンドリ性

言語
常識
適応性・学習
高性能入出力

モデル化サブシステム



パタマ=4機構

データベース駆動アーキテクチャ

シミュレータ

高水準データベース蓄積

生命型 (適応・自己修復型)
アーキテクチャ

《基本技術》

Decision Support System の 全体構成

3.4 知能ロボットシステム

1. 社会的要請

前年度報告書によれば、1990年代へ至る社会環境の変化とそれにもとずく情報処理技術に対する要請は、以下の(1)~(6)の5項目に整理されている。

人間の労働を頭をつかう仕事と、身体をつかう仕事に大別すれば、情報処理は主に前者の機械化に貢献してきた。後者の機械化の為に社会が求めているものがロボットであろう。以下に各項目毎に期待されるロボットの例をあげる。

(1) 低生産性分野の生産性向上

- パターン認識、自律的走行可能な農作業ロボット、森林作業ロボット
- 不定形の荷物の認識とパッキングを行うロボット
- ビル内メッセンジャーロボット
- 土木建設機械のロボット化、公共サービス用特殊用途ロボット

(2) 国際競争力の確保と国際協調

- メカトロニクス製品群
- フレキシブル・オートマーション
- 新輸出品としてのロボット

(3) 資源・エネルギー問題の解決への援助

- 放射能レベルの高い環境での作業ロボット
- 海底・海中作業ロボット
- 資源掘削ロボット

(4) 高齢化社会

- 人間との親和性の高い作業支援ロボット
- 身体障害者の技能の補綴
- 看護・介助ロボット

(5) 社会の情報化と人間の共存

- 情報処理はコンピュータが、肉体的労働は人間が、と分担するため。

2. 必要な機能と要素技術

- (1) 実環境に関する有用な情報を抽出する感覚・認識機能
 - コンピュータ・ビジョン
 - 触覚, カの感覚
 - 超音波撮像等
- (2) 実環境に対し有用な働きかけを行なう 操作・行動機能
 - マニピュレータ
 - 移動機構
- (3) 自律的に認識と行動を行なうための 判断・思考・訓練・学習機能
 - 作業手順の自動生成
 - 環境モデルの生成と管理
 - 問題解決・推論機構
- (4) 人間の指令を解釈し、結果を説明する 対人対話機能
 - コンピュータ・グラフィクス
 - 音声入出力
 - 手書き図形・文字のオンライン認識
 - 準自然言語による対話

3 知能ロボットの開発目標

- ① いくつかの限定された自然環境をほぼ実時間で認識できること。ここで、自然環境とは、ロボットによる認識を容易ならしめるための過度の整備を行っていない環境を意味する。
- ② ①項の自然環境内を自律的に移動することができ、かつ、いろいろな工具を使って機械装置類の分解・点検・組立・調整の作業を実行できること。
- ③ ある程度制限された準自然言語で動作を指示することができ、詳細な手順は自動的に生成・実行できること。
- ④ 人間からの指令は、音声、図や絵、テキストを併用して与え、ロボットは主に合成音声とグラフィクスで応答すること。

上記ロボットの動作を環境としては、これまでの積み木の世界、ブロックの世界に代る新しい限定された自然環境、例えば原子カプタン内での作業等を想定して開発を行なうのが適当であろう。

4 コンピュータに対する要望

(a) ロボット搭載用コンピュータ

- 現在のメガミニコン程度の機能をもつ1チップコンピュータ
- 小型, 軽量, 低電力消費, 低価格であること
- 小規模高速数値演算チップ
(4次のヘクトル, マトリクスプロセッサ; FFT など)
- センサー類の充実
- アナログ信号とのインターフェイス
- 光ファイバーを用いた高速通信機能
- 耐振動, 耐環境性および中規模二次記憶

(b) ホストコンピュータ

- 推論エンジン
- ローコスト大容量ディスク
- 通信制御機能の強化

(c) スーパーターミナル

- 手書き図形・文字のオンライン認識
- 高速大画面, カラーグラフィクス
- 準自然言語による音声入力
- 高質の音声合成
- 各種入力装置の同時使用

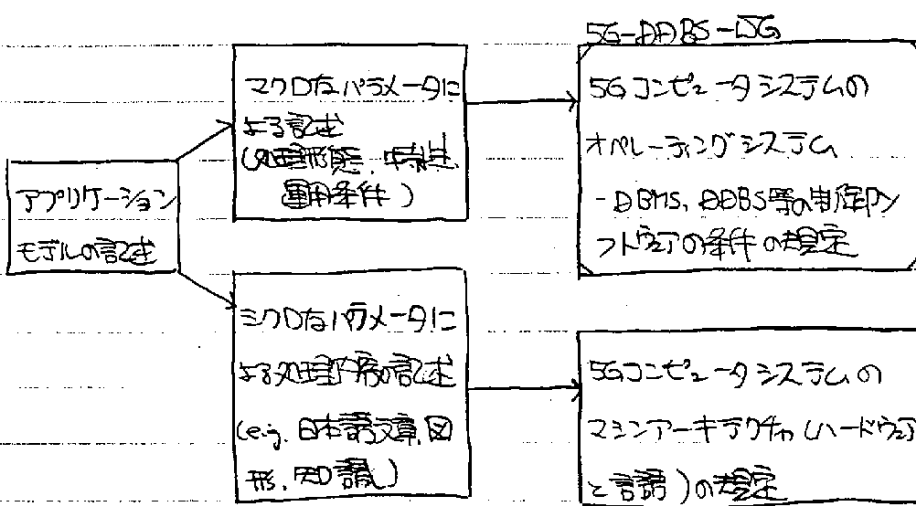
3.5 分散型データベースシステム (DDBS)

[1] DDBS-WG (SG-WG)の目的

DDBSが、SGアプリケーション (CAE/CAD, OIS (or OA), DSS etc.) の基本技術であることから、次の2点が本WGの目的となる。

- i) DDBSのイメージの明確化
- ii) DDBSが、SGコンセ-タシステムに対する要求の明確化

[2] DDBS-WG とはの問題意識



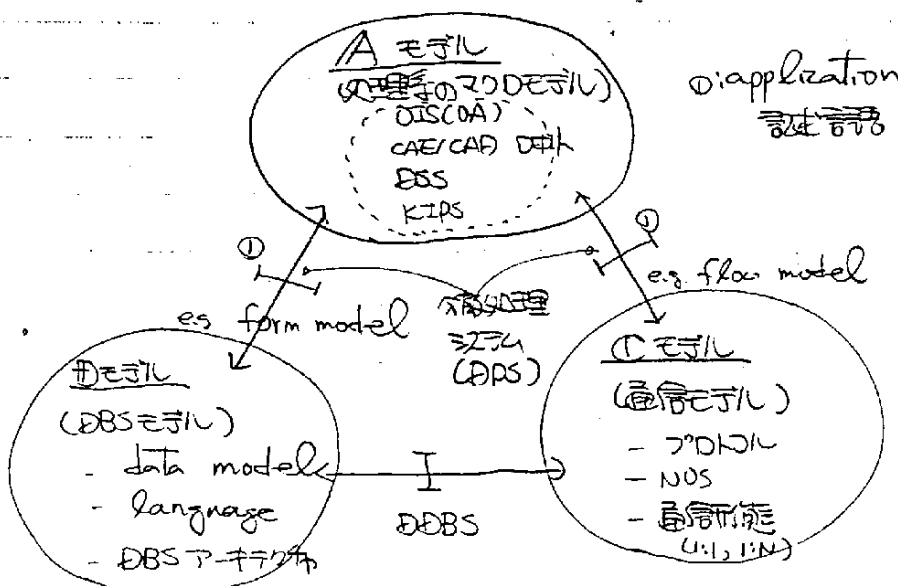
DDBS-WGの問題意識を図2.1に示す。

本WGでは、システムのマクロなレベルで、アプリケーション

が要求する処理の形態、特性、運用条件を明

らかにし、SGコンセ-タシステムの制御ソフトウェアを

図2.1 DDBS-WGの問題意識



定することを目指す。通信ネットワーク、処理(アプ

ケーション)、データベースシステム (DDBS) の一

つた分散情報システム (DIS) を目指す[図2.

2]。

図2.2 分散情報システム (DIS)

[3] 検討方針

DISは、システムの実現に応じて、処理系の27Dモデル(アプリケーション記述)(A model)、DBSモデル(DB model)、通信モデル(C)の3つのモデルを、最善に組合せることにより、実現される。この組合せ方は、システム化技術そのものである。

本DBでは、A、DB、Cの3つのモデルの適合性を、55システムの代表的アプリケーション毎に研究し、DIS制御ソフトウェアの条件を明らかにする。このためのstep 2 検討を行う。

1. DBBS 固有の研究課題の明確化
2. 処理系の27Dモデル(アプリケーション)の性能の検証
(S1-S5の各果を、DISの立場から検討する)
3. DIS 制御ソフトウェア条件の検証
4. 知識情報処理を主とする高層応用とDISとの関連の研究

表3-1 ~~アプリケーション~~ 処理特性・形態とDBSの条件*

特性 代表例		形態		集中 ← B軸 → 分散	
定形 ↑ A軸 ↓ 非定形	Now アプリ IT-25	RTS			
		TSS			
		Now アプリ IT-25	OA		
			CAE/ CAD		
			DSS		
		...			

* 表の□内を、DBBSのパラメータにより設定する。

[4.] 現状と提言

step 1 を終了した。step 2 において、OISを中心に検討を開始している。

本報告は期前版として、2~4th step の検討を行なっている。

[5.] DDBS の概要

分散データベースシステム (DDBS) とは、通信ネットワーク上に互いに通信可能なデータベースシステム (DBS) の複数 (を、どのDBSに何のデータが保存されるか分散問題)、又各DBSをどの様に

アクセスするか (異種性問題) を意識することなく統合的に利用されるシステムである。

DDBS の基本構成要素は、DBS と 通信ネットワークである。通信ネットワーク

には、DBS 相互の通信を行なわせることで、ARPANET 等のパケット交換型ネットワーク又は

スター、バス等を用いた (共有媒体) ローカルネットワークがある。DDBS は、これらのネットワークの

グローバル化された通信機能を用いて、複数 DBS を 1 つの論理的 DBS

に抽象化したものである。即ち、DDBS とは既に存在する複数の DBS と通信ネット

ワークから、その目的 (e.g. 高信頼性、高可用性、^{1つのDBSの非依存性} 柔軟な処理能力) を達成する統合システム

をつくり出すシステム技術が大きな柱となる。又、DBS はデータの集合とつら

なり機能の対であり、^{これを通信ネットワークに結合したものが DDBS であることが} DDBS と データベースマシン (DBM) とは密着に関

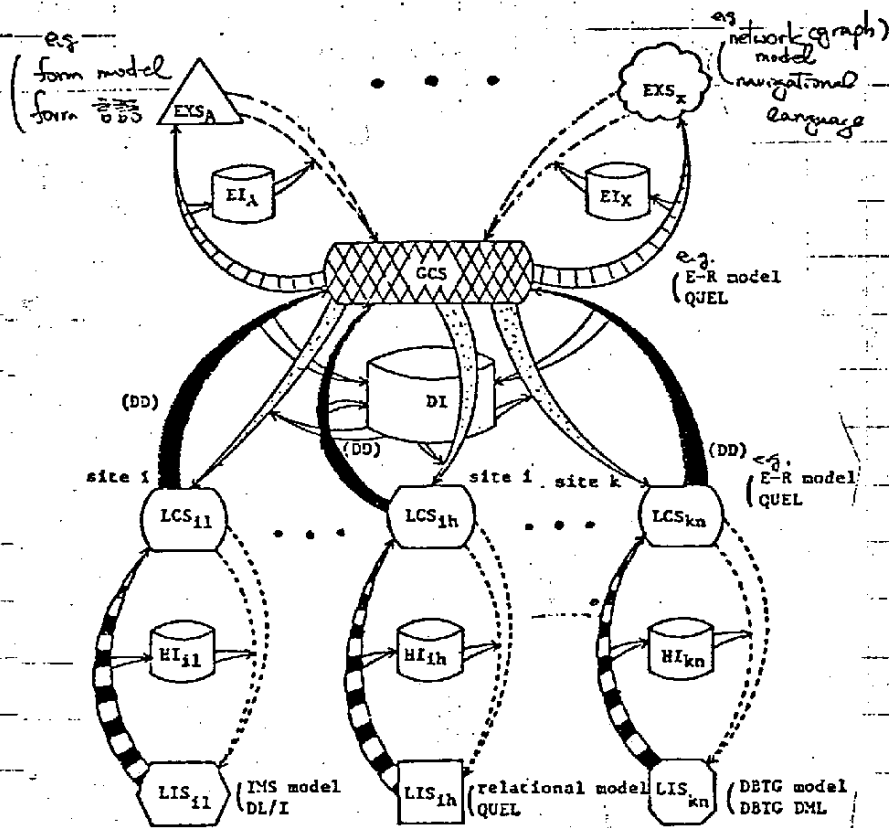
連したものとなってきている。この点は、我々の主要な問題意識の 1 つでもある。

DDBS の問題は、前述した様に、次の 2 つの問題を解決することである。

- 異種性問題 (DBS の存在、言語が異なっていることによる問題)
- 分散問題 (DBS が通信ネットワーク上に分散していることによる問題)

この問題を解決するためには、図 5.1 に示す様な内層スキーマ構造を DDBS の基本

アーキテクチャ (全体アーキテクチャと呼ぶ) とすることが必要である。ローカル内部スキーマ (LIS)



→ : specialization
 --- : homogenization
 ≡ : integration
 HI : heterogeneity information
 DI : distribution information
 LIS : local internal schema
 LCS : local conceptual schema
 GCS : global conceptual schema
 EXS : external schema
 DD : distribution description
 query translation
 query decomposition

図5.1 Four-Schema structure (FSS)

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

は、各DBSに対応している。D-

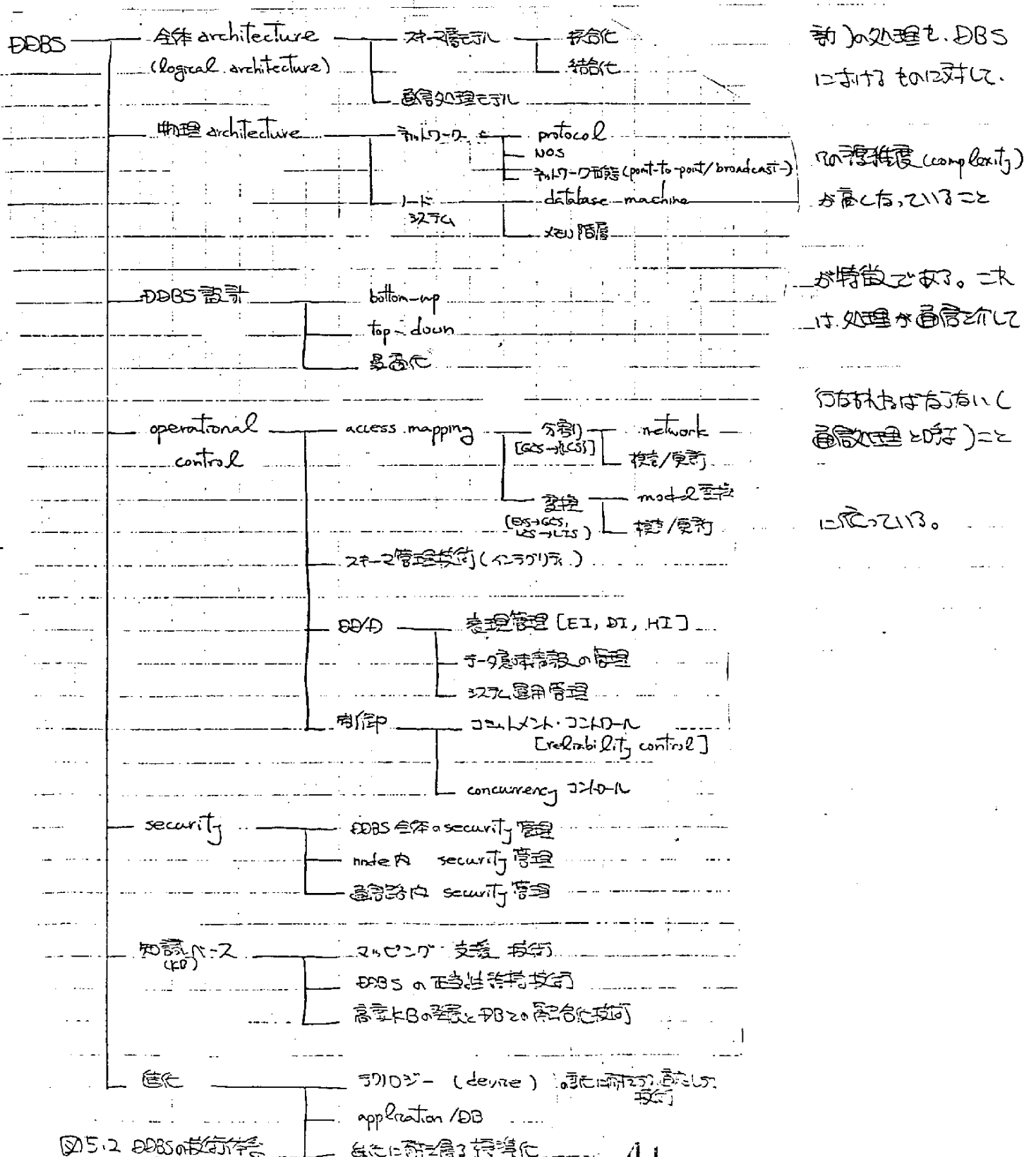
は、各DBSに対応している。D-

の3つが与えられたことで、最適なシステムをつくり出すシステム技術ということが出来る。

本書では、b)とc)、特にb)中心にあり、(a)についてはデータベース設計しなさい。

DBSの問題の多くはDBS問題である。DBSの設計には、各DBSの特性(eg.モ

デル)とそれらDBS全体での共通モデルに大きく依存している。関係性データベースと更



a) DBS

開発項目	要求 (理由)
(conceptual) data model	意味の表現性 - 実世界 (reality) の静的/動的側面を表現 - 現実スキーマ外 (e.g. document) に基づいた設計 - 汎用性/柔軟性 data model に基づくべき - 設計したスキーマの adaptability (evolvability) - 設計したスキーマ model 内に閉じる (closure) - 同一情報 (fact) に対し、複数の view を定義 - 更新 anomaly が無い - schema と data の unification (KBC) - スキーマと data と同一に管理すべき - application domain knowledge と schema と unification (KBC) - DB 自体、管理者、new data を扱う
language	DB とアプリケーション言語との unification DBS, CASE, application 設計言語
スキーマ設計システム	設計したスキーマの正当性の検証ができて (実世界と同一 model に基づく検証)
DBS の life-cycle の管理システム	DB の design, redesign, evolution の長期的管理方法
DB 実体の生成支援システム	場合による柔軟なデータ形式の生成支援 DB 自体、管理者、new data を生成できる
DB 設計システム	conceptual model を基盤に conceptual, external, internal schema の設計 知識ベースシステム (KBS) の利用

b) DBS

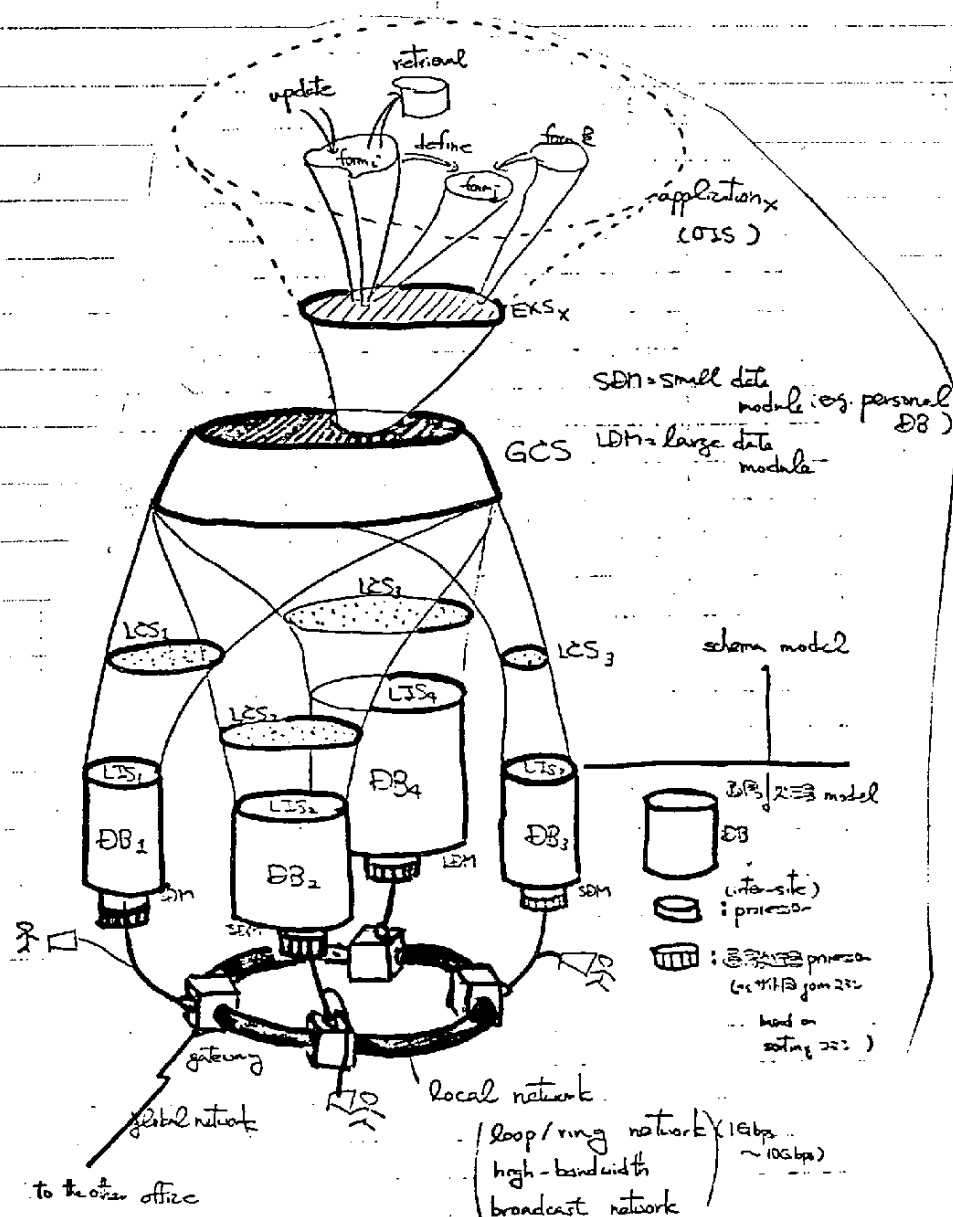
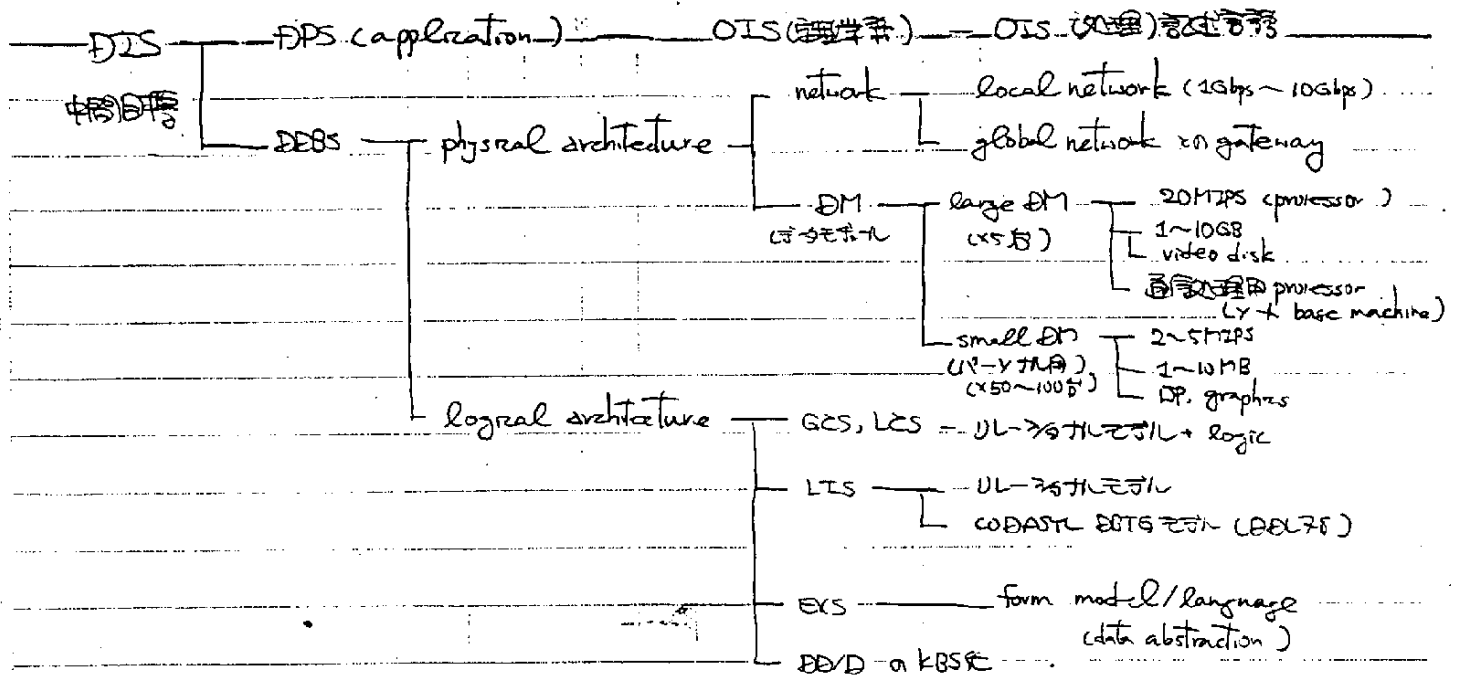
スキーマ設計システム	DBS の new DB の生成 (integration) DBS の サイト no. 分割 (decomposition)
スキーマ変換技術	既存スキーマと新規スキーマ (e.g. 3NF) との互換性変換 更新 anomaly が無い evolvability (adaptability) がスキーマ
分散処理用の model と言語	sequence, parallelism, decision table 設計したスキーマの正当性の検証ができて サイト no. 分割が容易である 他言語/model no. 変換が容易
directory 管理技術	各サイトに何の情報がどのように分散されているか directory 情報の consistency の管理
システム運用技術	システムの状態のモニタリング 障害の検出
結合技術	巨大情報システムの組み込み (同一 entity に対する情報の表現の差の解決)
対話方法	分散処理用の対話方法 例: 向付せ、ユーザが指定した結果を返すまで 時: 結果の管理方法
データの granularity	データの単位とスキーマとの関係
transaction preanalysis 方法	トランザクションの consistency check の実施
障害管理技術	partition / site failure からの recovery

[6] 開発方法

通信ネットワーク	通信路 伝送	- 通信路に、1:1 の通信のデジタルネットワーク - 100M ~ 1000 bps の伝送速度 (100kbps ~ 0.9 秒の遅延) - 低コスト (コストは、昔に比べて、かなり下がった)
	code 変換マシン	
	暗号化/復号化マシン	public key 方式

処理性能 (メモリ階層、DBM)	バッチ処理付き高性能 2次記憶装置	コミットメントコントロール等の制御を行う時、 リソースの確保などの処理を最小化できる (リソースのランダムな最小化)
	暗号化/復号化エンジン	ネットワーク内のセキュリティ制御
	効率的なメモリ管理機構	データの制御のためのインクリメンタルな非揮発性メモリ chip
	2次記憶の高速化	現在の banking system と 3 次 DBMS を比較して 高速化
	記号処理エンジン	暗号化等の処理、変換 検索等の高速化の check
	string matching エンジン	directory 情報的高速アクセス
	サトル間の join (高速処理) エンジン	3-9 のアルゴリズムを利用した join エンジン (e.g., sorting エンジン)

e) 人工知能	知識ベースシステム (KBS)	- スーパー2層のシステム (e.g. 診断) を実現できる? - DBRS内のデータの正しさを維持できる? - (e.g. truth maintenance system) - 高度KBSとFBSとの融合化 - システムとユーザ (operator) とのインタラクションの自動化
f) マシン	高速データシステム (個人用DBS)	- 1MB (1~5MB) + video disk - relational DBM - 安価 (100万円以下)
	DBの活用 (活用)	- 読者の活用 - 図表の活用 - 大量データ (fact) を活用して、その中から新しい情報を抽出できる (inductive deduction)



4. 要求仕様のまとめ

CAE/CAD, OA, DSS/DBS, 知能ロボット および
DDBS の各ワーキング・グループが、それぞれ 1990
年代の応用システム・イキニジをまとめ、その考察を基
台にして、第五世代コンピュータに対する要求を列挙し
てきた。

本節では、それらの要求項目を丁分科会に関連するも
の、A分科会に関連するもの、およびそれ以外のデータ
ベース/ネットワークに関連するものに分けてまとめた。

ここでのまとめは、2. のユーザ・ニーズの実態と対
比して見ることが出来る。ユーザ・ニーズの実態が実際
に今の計算機ユーザがかかえている問題からボトム・ア
ップに要求を積み上げているのに対して、本節では、各
WG の応用システム・イキニジからトップ・ダウンに出
した要求をまとめたものである。

最終的には、ユーザ・ニーズからの要求を本節でのま
とめにツボート・バックして、統一した要求を与えるの
が今後の課題であろう。

他分科会関連事項のまとめ

表 1 T分科会関連要求条件

関連項目	要求項目	要求内容
対話機能	自然入出力媒体	- 記号, 表, 絵, 図面 (カルテ など) - 自然言語 (省略, 代名詞, 複文) - 形状に因する感覚的指示
	ユーザに合わせた応答機能	- あいまいな質問の処理, 誘導機能, 誤り訂正 - ユーザに対して学習して行く (省略記法の導入出力の洗練, 独特の言いまわしの理解)
	図形画像理解	- 図面処理 - 計算機支援による製図システム - 図面読取り, 立体形状の組立て - 図面・写真を含むドキュメントの作成
	3次元イメージ処理	3次元物体のモデル操作 - 検ビン (キズの見逃し) パッケージング検査
	2次元パターン認識	印鑑, サイン, 指紋などによる個人同定
言語音声理解	言語翻訳	- 多国語ドキュメント作成 (特に特殊外国語への翻訳) 機能 - 同時通訳機 (ポータル, 多国語, 専任, 錯)
	計算機との会話手段	- 音声, 自然言語による問合せ機能 - 自然言語によるプログラミング
	文章情報処理	音声による口述入力 (音声による編集修正機能付)
知識ベース	モデルを基にした計算	- モデルを基にした最適設計パラメータの自動探索 - 意思決定アクセスのシミュレーション - 構成部品モデルによるシステムの編集設計
	専門家システム	- 予測システム, 経営戦略システム - 学習サポートシステム - コンセンサス・サポートシステム など
	基本的な機能	- 生データからルール抽出 - サマリー機能を含む忘却機能 - 知識獲得, 蓄積, 再構成

関連項目	要求項目	要求内容
ソフトウェア	作成技術	・素人でも簡単にプログラムが作れる。(日本語プログラミング, 高水準非統言語) ・大規模ソフトの開発技術(モジュール構造) ・プログラムベースの自動プログラミングシステム
	ソフトウェア・システム	・諸機能の統合化 (CADとシミュレーション・システムの結合など) ・柔軟なソフトウェア・システム (ファイル直接扱える) - 機能の拡張, 変更が容易)
データベース	データベース・システム	・発展性, 柔軟性に富むこと。(データモデルの変更が容易, 自動インデックス付, 自動再構成) ・データモデルの自動設計, 自動修正
	ユーザ・インターフェース	・素人にも簡単に使えること (自然言語, 音声, 対話処理)
通信ネットワーク	ネットワークの高機能化	・知能電子メール (宛先管理, カレンダー機能) ・知能遠隔会議 (事務局機能付)
分散データベース	質問応答機能	・virtual化 (情報場所のシステムによる管理) ・効率化 (冗長データの有効利用)

表 2 A分科会関連要求条件

関連項目	要求項目	要求内容
入出力 デバイス	グラフィック端末	・電子製図板 $1m \times 1m$, $10,000点 \times 10,000点$ (100万円以下) ・3次元入出力 (3次元動画) ・小型 薄型 携帯用
	音声入出力	・マネージャ・レベルの使用 ・外務員 (保険セールスなど) 用無線
プロセッサ・ 主記憶	高速演算専用機	・ $10^3 \sim 10^5$ MFLOPS, $1M \sim 20MW$ ($1W = 64ビット$), シミュレーション自由度 1点 $\rightarrow$ 20点 ・計算機風洞で 10^6 MFLOPS.
	3次元物体モデル演算 専用機	・100M ~ 1GBa オンライニア・DB マシンの必要.
	小型軽量プロセッサ	・ロボットの7自由度汎用マニピュレータ用, (3次元4次元, 10MFLOPS, $1/4MB \times 10^6$)
	パーソナルワークステーション	・2MFPS, $1/2 \sim 5MB$. 100MB/台, アクセス $1msec$ 以下
2次記憶装置	大型ディスク	・数 + GB/台, アクセス $10msec$.
	小型ディスク	・100MB/台, アクセス $1msec$.
	大容量DASD	・100テラバイト (文字ファイル用) ・5000万件収容できる図形処理用光ディスク
コンピュータ・ システム	モジュラー計算機	・ユーザが組立て可能
	信頼性, 可用性	・自己保守, 自己改善, 自己修理
	機能分散システム	・汎用コンピュータとシミュレーションマシンに FEMモデル用2次元ファイルの共用性
データベース・ システム	システムの性能	・容量は現状の $10^2 \sim 10^3$ 倍, ・アクセス速度は $10 \sim 10^5$ 倍, ・DBMSの高速化
	専用DBマシン	・設計用, 画像・図形用, 分散 システム用

関連項目	要求項目	要求内容
通信ネットワーク	多形態DB用高速通信	・画像通信量 20万件/日 をこなせる。 (広帯域伝送技術---光通信, 帯域圧縮技術, 多重化技術)
	通信の品質向上	(光ファイバー, DDX網の増設)
	分散データベース	・高性能ブロードキャストネットワーク ・高精度クロック

表3 データベース/ネットワーク関連要求条件

関連項目	要求項目	要求内容
データベース	専用DB	・大規模検索用DB ・分散DB ・個人用DB ・いつでもどこでも使えるDB
	システムの管理運用	・障害対策が万全であること ・保守が容易であること
	データベースの作成整備	・漢字データベース(常用2400字 + 個有名詞用数万字)
	分散データベース	・既存データベースの統合技術 ・1データベースの各サイトへの分割(冗表表現の決定, 動的変更技術)
	システムの管理運用	・障害対策 ・システムの状態のモニタリング, 自動運転
通信ネットワーク	同時更新技術	・デッド・ロック防止, ・
	システムの形態	・多種データの伝送システム ・国際ネットワーク ・無線方式
	システムの管理運用	・秘密保護のためのアクセス権の管理 ・情報の漏洩防止(暗号化) ・安全性, 災害時の通信の確保

II. 基礎理論研究分科会

1. 基礎理論研究分科会の役割と知識情報処理システム - 52
2. 基礎ソフトウェア・システム ----- 60
3. 基本応用ソフトウェア・システム ----- 76
4. 使われ方のイメージ ----- 84
5. マツンのイメージ ----- 92
6. 基礎理論研究分科会のまとめと開発のストーリー ----- 99

1 基礎理論研究分科会の役割と知識情報処理システム

概要

本分科会では、オラ世代コンピュータ及びそれをベースとする新世代の情報処理技術体系について、基礎理論的見地から、そのイメージ作りを試みてきた。ここで「基礎理論的」というのは数学的基礎のような狭い意味ではなく、ソフトウェア基礎論、人工知能、パターン情報処理、及びこれらに直接関連するハードウェア、アーキテクチャ等を含む広い意味を用いている。

昭和64年度の基礎理論研究分科会報告書では、これらの分野の研究のサーベイに基づき、現在のコンピュータに対する問題点をあげ、オラ世代コンピュータの方向性やあるべき姿について検討した。そこではまず、「使いやすいコンピュータ(システム)」という問題意識を掲げる。使いやすさの様々な側面、即ち、高機能化、多機能化、高性能化、ユーザニーズへの対応等について検討を行った。その結果「使いやすさ」を実現するためには、人間とコンピュータの相互了解の範囲を拡大させ、コンセン

5 10 20
ータの問題解決能力を向上させるばかりでなく、自然な
会話が出来ることも必須な能力であるという見解を得た。

しかも、それら諸能力を実現するための基礎研究は、
着々と展開しており、70年代に入ってから、コンピュー
タ工学の内容の理論化が本格的になって来ている。たと
えば、新しいプログラミングシステムや新しい高級プロ
グラミング言語の提案が行なわれ、それらが新しいコン
ピュータ・アーキテクチャとあいまって、80年代において新
しい情報処理体系、ひいてはオラ世代コンピュータに寄
与するという大きな可能性が見えてきている。

これらの問題意識及び観点から、本分科会ではオラ世
代コンピュータに關して「知識情報システム」、その中
核としての知識情報処理プロセッサというイメージを提
案している。

昭和55年度中間報告では、「知識情報処理システム（KIPS）」の具体的な内容、基本的な応用システム（KIPS開発に必須なシステムでもある）、KIPS開発ストーリー、使われ方のイメージ、及びマニシとしてのイメージについて議論検討した成果を述べた。

KIPSの中核となる機能は「推論」である。これは従来のコンピュータが最も不得手としていたことで、「知識」に基づいて「考える」という能力である。この能力をコンピュータで実現するため必要とする主な研究テーマは、オニに種々の知識を蓄えた知識ベースから、知識を検索し、更新し、学習する「知識ベース管理システム」の開発、オニに、膨大なソフトウェアを効率良く、処理できるようにソフトウェアの生産性向上、プログラムの正しさを検証し、要求仕様に合わせたプログラムを作成する技術の確立、オニに知識を扱う上で「意味」を柔軟に扱える論理機能を導入した新しいプログラミング言語の開発である。次にこれらの基本的な推論機能の応用であると同時に、KIPS開発の上で必要なシステム群があり、自然

言語理解システム、機械翻訳システム、音声理解システム、図形画像理解システム、記号理解システム、知識利用システムから成る。これらのシステムは、符号化された入力情報に、更に「理解」機能や根本的改良を加えて高度化するものである。機械翻訳システムは過去に試みられた難問に対して再挑戦するものである。

KIPS開発のストーリーでは、KIPSの最終目標へ到達するための手順、各開発システムのための相互関係、研究開発体制のあり方について論じた。

使われ方のイメージでは、CAE/CADシステム、OAシステム、CAC/CAIシステム、知能ロボット等の応用システムにおいて、知識情報処理機能がどのように使われ、どのような能力を発揮するかに関してまとめた。

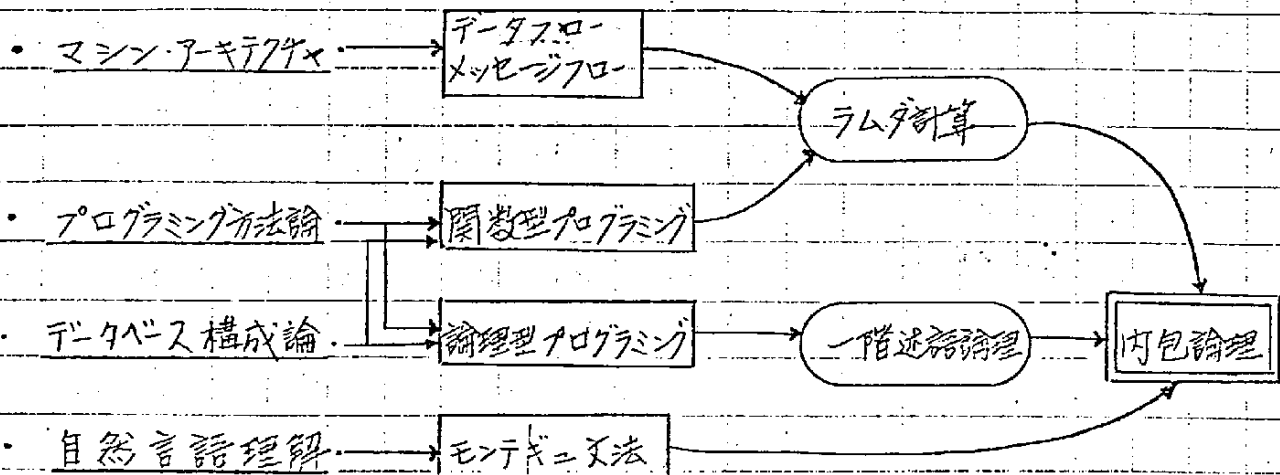
マシンのイメージでは、KIPSに必要なハードウェアシステムのイメージを述べた。インタフェースシステムは、人間とコンピュータの情報の受け渡しを最も効率良く行うシステムで、音声入出力、図形・画像入出力、

自然言語入出力装置及びネットワーク交信プロセッサからなる。推論マシンの持つ機能としては、高級言語機能、データフロー機能、データベース機能等が含まれる。それら諸機能は具体的には、述語論理マシン、関数型マシン、関係代数マシン、抽象データ型マシン、データフローマシン等の研究をふまえて、それらを統合することによって実現されることになろう。また、プログラミング言語の進化とマシン構造との対応やKIPS研究開発支援ネットワークシステムについても検討した。

新しい理論体系を求める要因

マシン・アーキテクチャ、プログラミング方法論、自然言語理解と知識表現などの関連性が、理論的に体系づけられつつある。

たとえば



情報処理技術体系の再構築へ！

(1) 処理の基本形態の変化

1-a) 逐次処理から並列処理へ

1-b) 数値処理から非数値処理へ

1-c) ファイル入出力からデータベースさらに知識ベースへ

(2) 理論に則した体系化

2-a) 関数型等の理論的基盤に基づく記述系への展開

2-b) 論理学を始めとする基礎理論の果たす役割の増大とその新展開

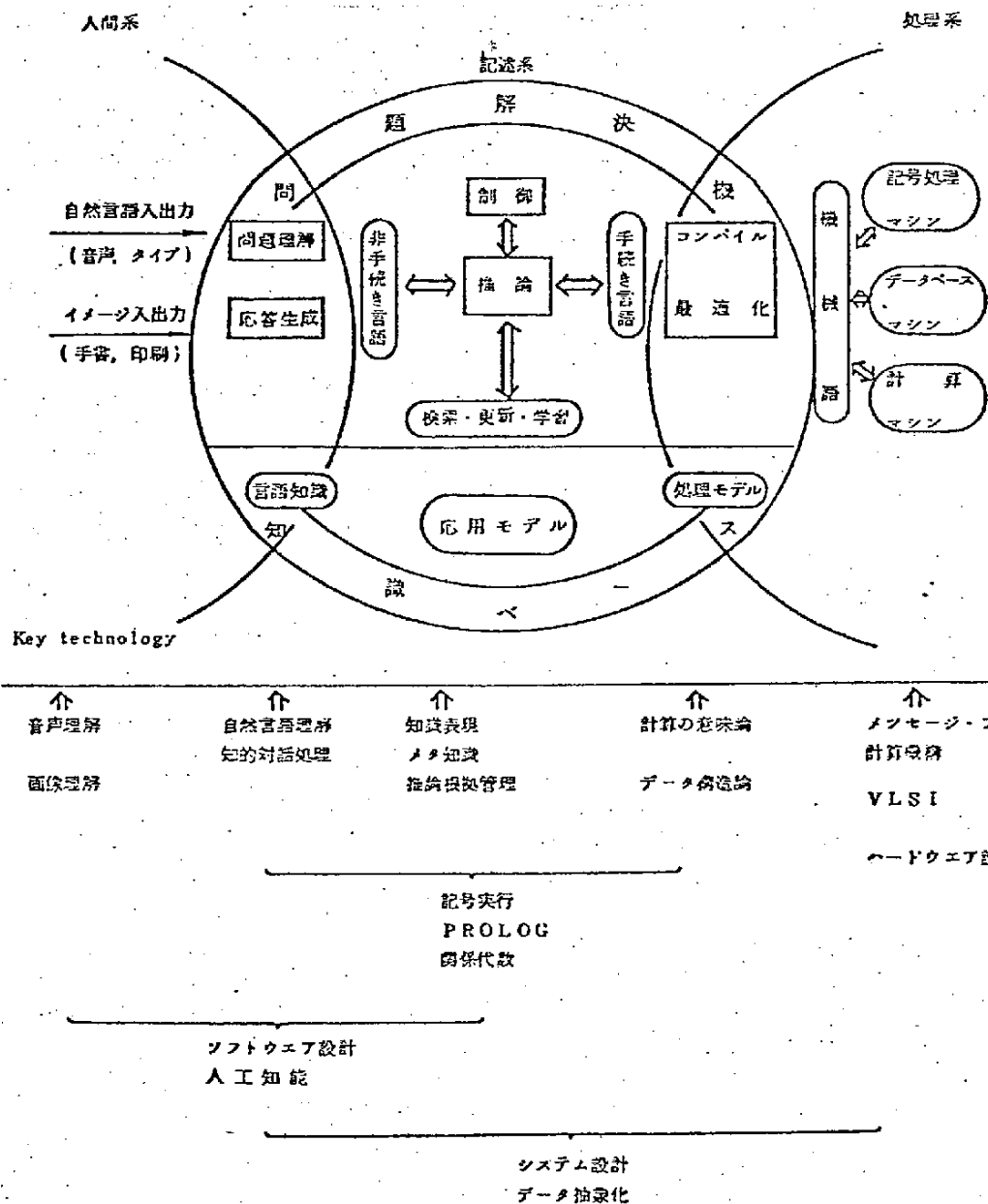
(3) 難問への新たな挑戦

3-a) 機械翻訳、音声タイプライタ等人工知能

3-b) 大規模データベースに基づくMISやDSS等高度な情報処理

3-c) プログラムの検証、合成等プログラミングの高度化

知識情報処理システムの機能イメージ



知識情報処理システム(KIPS)の基本的機能

- ・ 高度なマン・マシン・インタフェース (→ 意味の理解、知的会話能力)
- ・ 問題解決機能 (→ 知識の保有・獲得と推論機能)
- ・ ソフトウェアの要件 (→ 非数値処理、学習・推論、非決定アルゴリズム、データ抽象化と階層的プログラミング、ルール・ベース・プログラム変換)
- ・ ハードウェアの要件 (→ 記号処理マシン、データベースマシン → 推論マシン)

知識情報処理にとって (メモ)

(1) プログラミング言語の重要性

例1 機械翻訳プログラム (電総研)

COBOL (3年) vs. LISP (3日)

- パッケージ作り
- 知識の蓄積 (時代, 人)

例2 教育実験 (エジンバラ大学)

POP2 (≡ LISP) クラス → パターン照合プログラム
PROLOG クラス → (3ヶ月後) 自然言語QA

- 機能の組み込み
パターン照合, 非決定性, 論理変数 等

(2) マシンの重要性

例1 (ソフト) LISPの速度 ~ 数10倍

インテリク → (改良) → コンパイル → (改良)

例2 (ソフト) PROLOGの速度 ~ LISP

例3 (ハード) LISPマシン

問題 (ハード) PROLOGマシン だけ?

(3) 環境の重要性

(4) 対象知識の重要性

2. 基礎ソフトウェア・システム

[1] 概要

基礎ソフトウェアシステムは知識ベースと推論マシンを中核として、オ5世代コンピュータ・システムが備えるべき核となるソフトウェア・システムである。このソフトウェア・システムを用いて基本応用ソフトウェア・システムや各種アプリケーションが実現される。将来の一部はハード化されることが予想されるが、当面ソフトウェア・システムと称する。以下、基礎ソフトウェア・システムの構成として、知識ベース管理システム、知的プログラミング・システム、新プログラミング言語について記述するが、それと並立し、これら知識情報システムにおける各技術の関連に触れる。

[2] 知識情報システムの基本構想と新ソフトウェア技術の位置づけ

知識情報システムの目的は人間の持つ知識を一定の形

式で表現して計算機内に蓄積することにより、問題解決のプロセスにおいて人を援助する知的計算機を実現することである。すなわち、その高度の知的機能により、従来の計算機技術のもとでは困難とされた設計・診断・意思決定等のプロセスを援助し、またその強力なマン・マシン・コミュニケーションの能力によって非専門家による計算機の利用を容易にするなどにより、計算機の利用分野を質的にも量的にも大いに拡大することにある。

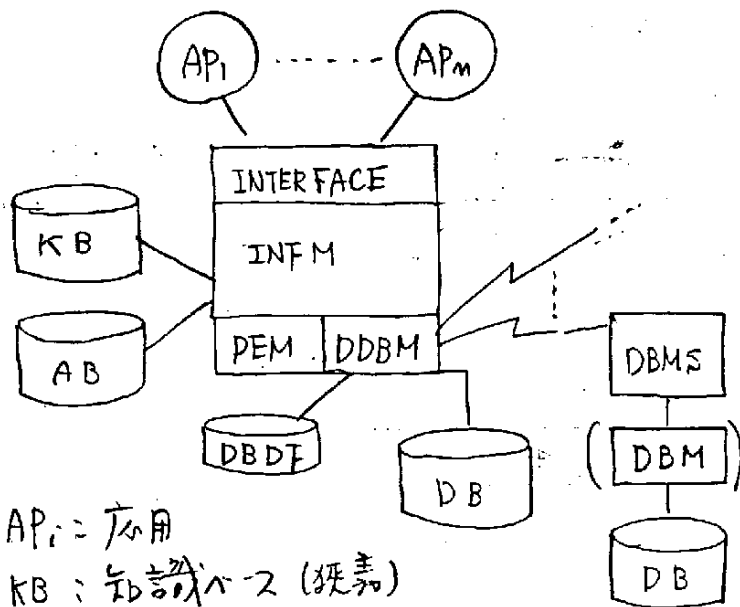
知識と総称される高度に構造化された情報は多様であり、提起された問題に関わる知識の内容は分野により異なるであろう。知識情報システムとしては特定の分野に依存しない汎用システムとし、表現される知識の内容により、各分野ごとの相違を表現せざるうにすることを開発の方針とす。このような処理系と知識の記述系との分離は知識を随時追加・削除・更新する上でも必要であり、さらに処理系をハード化するこにより高速化を可能とする上でも重要である。開発方針としては、同時

に、既存の計測機技術や蓄積された情報の利用を完全に保証し、かつ目標とする技術レベルに向け、現状から出発して漸次的に移行し得る方式とすることによって、実現を十分可能にする配慮が必要である。

上記の知識情報システムの実現に際して確立すべき基本技術は (1) 知識の表現とその蓄積方式の技術、(2) 問題解決のためにその知識を利用する技術 (3) 人間の知識の増大に応じて蓄積された知識情報を更新する技術等である。なお、蓄積された情報の表現は必ずしも一様ではなく、一般的に知識としての他、従来のデータベースや、アルゴリズムの集積を含み、知識ベースは狭義には一般的に事実・法則・経験などの知識の集積を意味するか、広義にはこれに特定の实体間の関係のみと簡単な構造のもとで集積したデータベースと各種のアルゴリズムを集めたアルゴリズム・ベースをも含むものとする。

上述の知識情報システムを実現する上で核となるのは広義の知識ベースと、その管理を行う知識ベース管理

システムである。この後者の中心的機能は推論であり、これを実現する部分を推論マシンのと呼ぶ。開発目的は汎用の強力な推論マシンを実現することであり、仮りにこれが実現した場合の姿は図1のようになるとある。この



AP_i : 応用
 KB: 知識ベース (狭義)
 AB: アルゴリズムベース
 DB: データベース
 INFM: 推論マシン
 DDBM: 分散データベースマシン
 DBDF: データベースディレクトリファイル
 DBMS: データベース管理システム (総称)
 DBM: データベースマシン

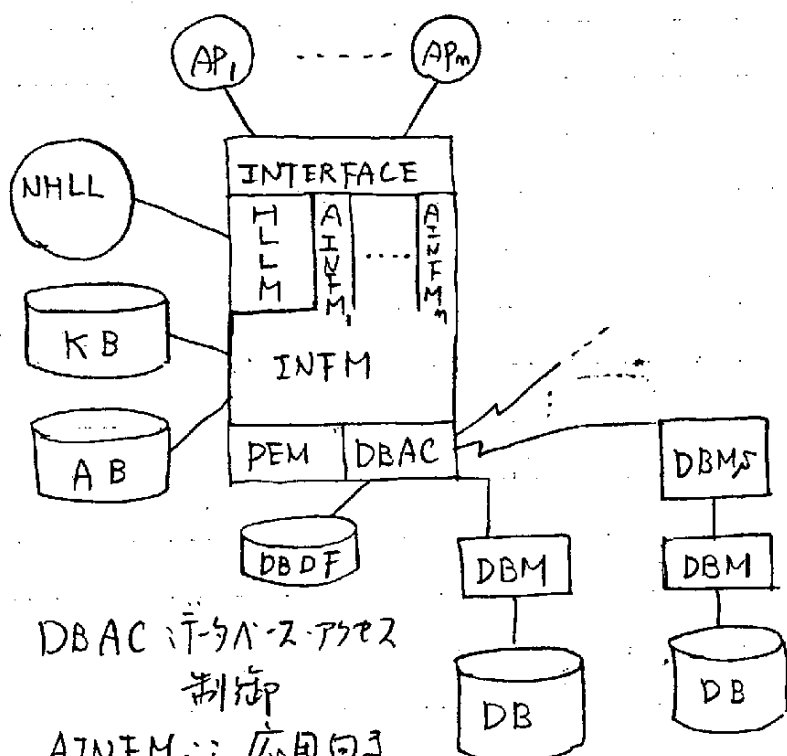
図1. 知識情報処理システム(1)

の場合すべての応用に対応し、汎用の推論マシンが対応する。

現実には一定とびにこのように理想的システムに到達することは困難である。特に基本応用システムとして挙げられぬところでは高度の処理が必要であり、現状では汎用の推

論マシンのみで対応するのは困難である。このため、図2の如く、汎用推論マシンに応用ごとの推論部分を随時

付加し得る構造とする。これはこの部分と記述するものの
新しい汎用言語と、プログラミング技術が必要である。



DBAC: データアクセス

制御

AINFM: 応用向き

付加機能マシン

HLLM: 高級言語マシン

NHLL: 新プログラミング言語

知識情報システム-用

全イメージ化

を用いるようになる

である。もちろん

これは基本フレーム

ワークに図示部分

である。

図2: 知識情報処理システム(2)

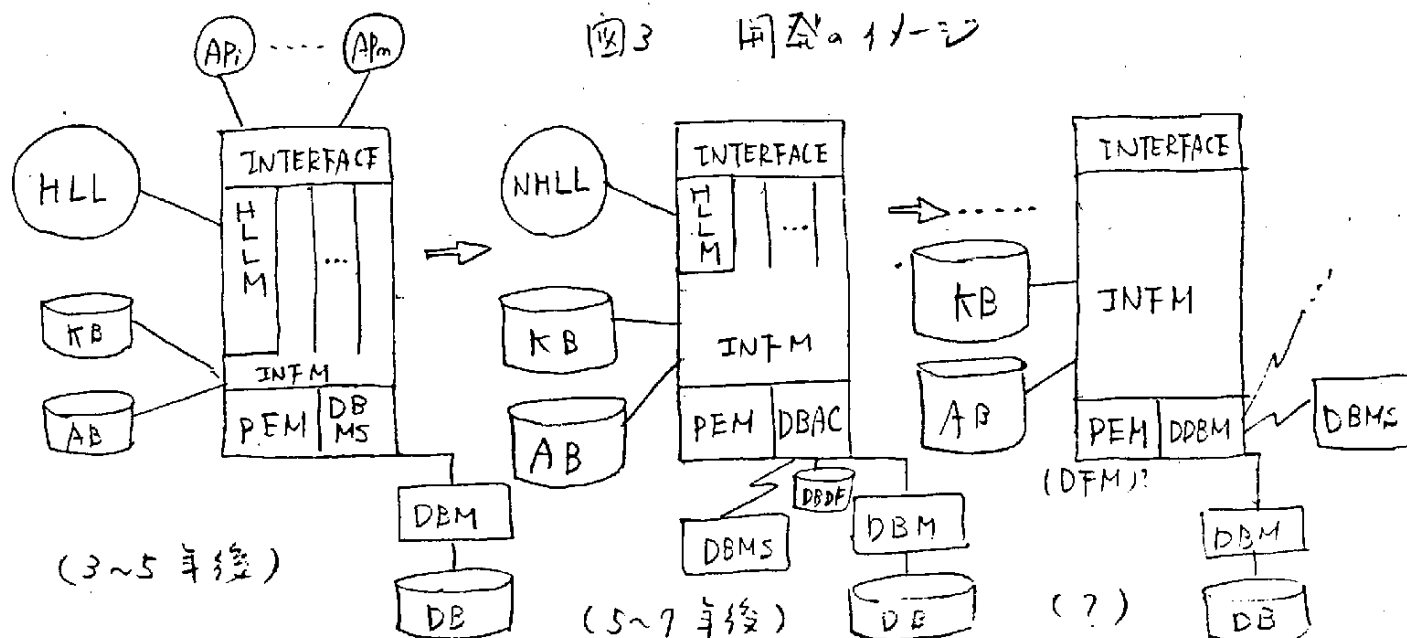


図3: 同イメージ

[3] 知識ベース管理システム

以下、紙面の都合で基本事項のみ羅列する。

知識情報システムはマン・マシン・システムという環境のもとで知的な処理を要求される。このため、入力、処理、出力の各段階で必要な機能と満たさなければならない知識表現および推論マシンの満たさなければならない条件がある。システム設計に際してこれらと十分考慮すべきである。なおこの要求仕様を明確化することに際して、知識を利用するということに関与する最も基本的な特徴として

- ① 知識利用計画は目的に応じて動的に作成される
- ② 知識は一般には曖昧な(あるいは不完全な)ものである
- ③ 知識、データ、アルゴリズムは意味情報の異なった側面(あるいは表現形式)である

ことを理解しておく必要がある。

知識情報システムの処理手順は

- (1) 人間が言語、図形等の問題あるいは挿入、更新を行う

知識を表現し、計算機に与える

- (2) 知識システムはこれと知識表現に変換する
- (3) 推論を行って問題の解を探る
- (4) 必要に応じて解を求めるためのプログラムおよびデータベースへのアクセス手順を生成する
- (5) 生成されたプログラムを実行し、解を求める
- (6) 言語、図形等の他の形式で出力する

というものである。実際には中間結果を表示し、より速やかに解に到達するための人間が(3)以降のプロセスに随時介入することが必要である。この全体を管理するものが知識ベース管理システムである。

このように知識ベース管理システムはOAと同時にプログラムとデータベース、アクセス手順生成システムであり、さらに自然言語・図形理解システムである。これから各種の情報表現形式間を自動的に変換し、一貫処理が進められるが、これらとまじり合ったものが表1である。表中E, K, D, P はそれぞれ外部表現(自然言語・図形等)、知識表現、データベース、プログラムを表わす。

1.	$E \rightarrow K$	文脈解析, パターン適合型
2.	$K \rightarrow E$	出力生成・表示
3.	$K \rightarrow P$	プログラム生成
4.	$K \rightarrow D$	データベース記述・アクセス
5.	$D \rightarrow K$	データ一般化
6.	$K \rightarrow K$	推論
7.	$K \rightarrow K'$	知識更新・再構成

表1. 知識ベース管理システム機能

これを實現する
ために, 知識表現, 推論
マシンの満ち
あへる條件は

次の通りである

[知識表現]

- (1) 言語・図形(のサブセット), プログラム, データベースの構造を表現するための必要の基本概念と記述力をもつことと同時に, これらとの間の変換に適すること
- (2) 半永久的な記憶に適すること
- (3) 推論処理に適すること: 特に推論の完全性の保証と検査の効率化に適すること
- (4) 知識の更新・普遍化・段階的発展過程の表現の可能性をもつこと
- (5) 知識の信頼性表現の可能性をもつこと

[推論マシン]

- (1) 効率のよい, 論理的に完全な推論方式をもつこと

(2) プログラム生成機能と有する = と

(3) データベースアクセス手順の生成機能と有する = と

(4) 知識の更新機能と有する = と

(5) 知識体系の無矛盾性のチェック機能と有する = と

(6) 知識の段階的発展と呈現し得る = と

(7) データベースより知識表現への帰納的推論を行なう =

とにより、人間の知識の活用を援助し得る = と

(8) 知識の曖昧性(信頼性)評価を行なう = とにより、不完全

情報の利用が可能なこと

(9) 強力なマン・マシン・インターフェースを有し、問題

の解のプロセスにも人間の介入し得るようになっていること

(10) 可能な限りハードウェア化を行なうのに適すること

[関連要求]

(1) 自然言語・図形・画像等人間の用いているものをすべて

で受け入れることは困難であり、あるものは非能率であ

る。したがってこれらの適切なサブセット、あるいは

その中の表現のみを用いて必要とするすべての知識を記述

- 可能であり、かつユーザが特別な訓練なしに之を利用
が可能なものを設定すること
- (2) システム記述および ~~プログラムの~~ プログラミングの知識と有
ちるユーザ用の汎用プログラミング言語と、その検証等の
サポート・システムを開発すること。
- (3) 知識ベース化する知識の記述方法のためのガイドを確
立し、かつサポート・システムを開発すること

[4] 知的プログラミング・システム

知識情報システムの究極の(理想的な)姿は、各ユーザ
がプログラミングという作業をしに直接自分の言葉で問
題を記述し、その解を得ることである。しかしこの理想
への道は末だ遠く、その過程においてプログラミングは
必要である。さらに理想の姿においては、知識情
報システムには豊富なアルゴリズム群がアルゴリズム・
ベースとして存在し、このためのプログラミングが必要
になる。このような開発過程を終了することにより、知識情
報システムはより現実的なものとなる。図3において、
我ら推論マシンはごく小さく、大半の部分は各応用ごと
に作られるが、これは現状に近いものである。汎用部分
を強化することにより、段階的に理想形に近づいてゆく。

11
この点には新しく「プログラミング・システムや方法論」を確立することは重要である。

プログラミングはアセンブラ言語、フォークラングからコンパイル言語、フォークラング、コンパイル作成技法の体系化、精密化・抽象化概念と手法の高度化、ソフトウェア要求仕様技術の重要性の認識と一つよつと、ソフトウェア面での技術の高度化が進められてきた。これと同時にプログラミング環境もバッチ方式から資源共有型の知的対話型へと発展し、プログラム・ツールの面でも編集機能やデバッギングなどの面で発展してきている。

これらと比べ、セマンティックツールの面では近年ずっと研究が進み、いよいよよつとよつと、その一例はデータ抽象化技術、オニと数学的に体系づけられた言語の出現、オニに人工知能研究から生み出されたプログラミング・システムと呼ばれるものがある。

データ抽象化ではデータにいう操作手続と含めると、
とにより、抽象化された表現であるデータは多様な意味

づけを与える。これによりプログラムの正当性などの4
エッセンスを容易なものにする。

数学的言語には同義型言語や論理型言語があり、言語
自体が数学的に体系づけられていゝものの検証に数学
的技法を適用することからできし、数学的構造と通し
て意味との対応がつけられる。

プログラムのシステムは基本的には書き替へ規則
によつてプログラムを生成するもので、知識管理システ
ムにおけるプログラム生成技術に近い。

このようにセマンティクス面の技術をより発展させ
ることにより、今後 検証理論、合成理論、仕様記述言
語開発が必要であり、またプログラムの保守、改良、管
理システムの開発を容易にするための柔軟なプログラム、
等価変換技術、ドキュメント管理セマンティクスとプロ
グラムとの対応づけの技術、検証システムの開発の行な
われなければならない。一方、これを支援するハートウェアの
開発が必要となる。これには高級言語マシン、高速連想

処理用データベース・マシンの、これら問題解決型(非決定処理)言語の開発とその専用マシンが合点する。また知識ベース・システムの開発に伴い、検証、合成のための推論システムや知識ベースの開発が及ぶ効果ともつことが期待される。

(5) 新プログラミング言語

新しいプログラミング・システムの一環として、新しいプログラミング言語が必要である。現在の知識情報システムや用エのよう形式で実現され、利用されることになり、このためのプログラミング言語は知識情報システムの目的である適用分野の量的拡大と質的向上にふさわしい記述力の高い、かつ使い易い言語である必要がある。新プログラミング言語を目標として、今後研究・開発されるべき言語として次の様なものが考えられる。

模言語、意味記述言語、仕様記述言語、システム記述言語、エントユーザ向言語

模言語は教科書的体系をもつ言語であり、これを用いて

汎用推論機能と涵括することのどちらの推論部分を記述する。しかって知識ベースとの融合が可能なようにする。また高次の記号処理機能、非決定的処理記述、並列処理などの可能とすることが必要であり、同時に検証・デバッグ支援などのサポート・システムと一体化され、それ自身知識ベースを用いた総合的なプログラム・システムとなる。

意味記述言語は核言語をばいめ種の言語の意味と形式的に記述する言語である。操作的意味記述には核言語の基本仕様部分を用いられる。

仕様記述言語は仕様を厳密に記述することのことで、核言語と基本的な構造は同一とし、それらを記述から段階的に核言語に到るような仕様記述とする。

システム記述言語も基本仕様は核言語と同一であるが、高レベルの記述要素を取り除き、代りにハードウェア記述要素を入れたことにより、O5 プログラミング・システムの記述に用いられる。

エンドユーザ何言語は一般、利用者何々の言語で、利
用者の能力、用途、適用分野によって様々の言語を提供
する。外見は自然言語、図形、表など多様なものとある。

(註) 以下の記述には "ベースの金属 (base material) Mに 原料 (alloying element) A_i を添加して溶解する際" が含まれる。

1* 合金添加元素の溶ける割合が少ない程、偏析も少ない。

参考：溶解過程において外部より振動を加えると偏析が減少する

：凝固過程において急冷する程偏析は少ない

2 合金において重量%の小さな方が合金添加元素である。

...

7 金属間化合物は割れやすい。

8 共晶合金は割れやすい。

...

10 共晶合金の融点は各元素の融点より低い。

...

12 融点の低いものは溶かしやすい。

...

14 A, B二元合金において A/B が一定であれば元素間の結合が強い。

...

18 溶かしやすい合金は母合金として適する。

...

21* Mの蒸気圧を P_1 , Aの蒸気圧を P_{2i} , MとNの化合物の蒸気圧を P_3 , MとOの化合物の蒸気圧を P_4 , A_i とNと化合物の蒸気圧を P_{5i} , A_i とOの化合物の蒸気圧を P_{6i} とすると

$$\{(V_i) P_i \gg P_{2i}\} \cup (P/P_2 \leq 10^{-3}) \quad \text{でかつ}$$

$$P_1 \ll P_3, P_4, P_{5i}, P_{6i} \quad P_2 \ll P_3, P_4, P_{5i}, P_{6i}$$

なら普通の条件(条件C)で溶解が可能である

...

23 ファイル2は炉のタイプ#A, るつぼのタイプ#Bで、ベース金属Mに材料 A_i を添加して入熱量Xで時刻 T_1 から T_2 まで、#nameの人が、溶解した時、 $T=T_2-T_1$ で得られる合金Maについて、 T_1 における A_i の重量% n_1 であり、 T_2 における重量% n_2 であり、さらに $M+A_i$ の T_1 における重量と T_2 における重量の比が入であることを表している

A	B	M	A_i	X	T	n_1	n_2	name	入

ファイル2

24* 蒸気圧Pは次式で与えられる

$$\log P(\text{mm Hg}) = A/T + B \log T + CT + D$$

ここでTは温度 A, B, C, Dは材料Mat. とその状態コードSと共にファイル3に記されている

Mat	S	A	B	C	D

ファイル3

3. 基本応用ソフトウェアシステム

基本応用ソフトウェアシステムは、基礎ソフトウェアシステムを利用して作成されるものであるが、それ自身一つの知識情報処理システムとして見なされるものである。また、基本応用ソフトウェアを幾つか組み合わせて、より大規模な知識情報処理システムが作成される。後者については、使われる方のイメージの項で説明されるであろう。

基本応用ソフトウェアシステムの研究開発課題は大別して、

(A) 言語情報処理

(B) その他

に分けられるであろう。

(A) には、自然言語理解システム、音声理解システム、機械翻訳システムが含まれる。

(B) には、図形画像理解システム、数式処理等の記号理解、知識利用システムが含まれる。

(A) の言語情報処理システムは、人間とコンピュータとの間の柔軟な対話機能を実現を図ること、また、言語の相違による我が国と他国との間の情報ギャップを埋めることを目的とし、そのための基本技術を提供するものである。

自然言語理解、音声理解、機械翻訳システムの構成の大略を図1に示す。⑦の過程を経るのが、自然言語／音声による質問応答システムであり、④、④'、④''の過程を経るのが機械翻訳システムであると考えられる。

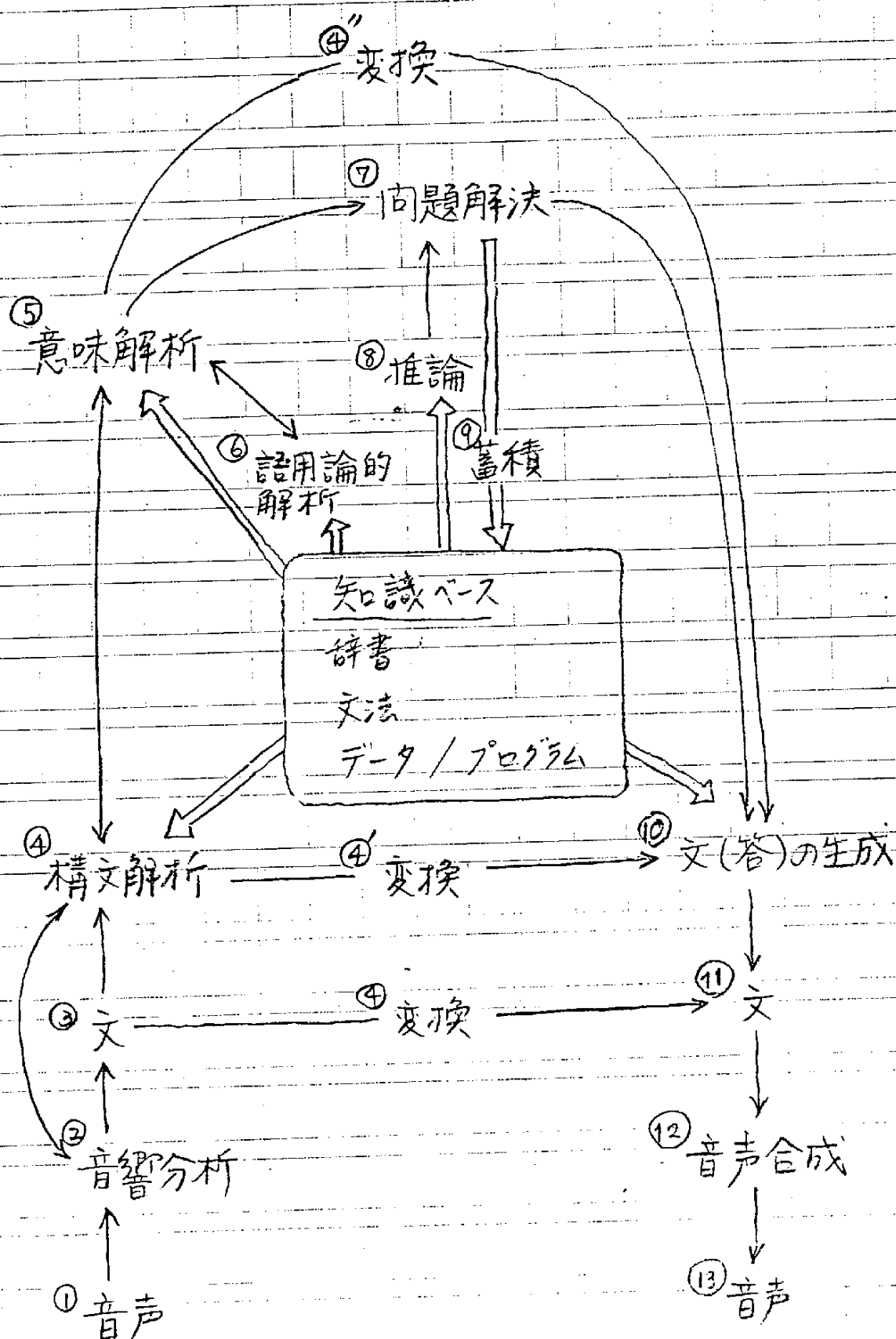


図1 言語情報処理のモデル

自然言語理解システムの研究開発項目は

- ① 構文解析技術の研究開発
- ② 意味 〃
- ③ 談話 〃
- ④ 推論・問題解決技術の研究開発
- ⑤ 文章合成技術の研究開発
- ⑥ 自然言語処理装置 〃
- ⑦ 言語データベースの構築

である。これらは、機械翻訳システム、音声理解システムを実現するための基本技術となるものである。(iv)は基礎ソフトウェア、システムの知識ベース管理システムと関連するものである。問題領域を限定した日本語理解システムの実現を具体的な目標とし、使用語彙数は数千～数万程度の規模になる。

音声理解システムは、使用語彙数万の特定領域に関する音声(日本語)文章を対象とし、上記①～⑦の項目の他に、

- ⑧ 音響分析アルゴリズムの研究開発
- ⑨ 音素識別方式の研究開発

⑩ 音声分析/合成用装置の開発

が含まれる。特に、初期の段階で音素の識別を完全に行うことは期待できないから、部分的に誤りを含む音素列の言語分析を行う音声理解システム独自の手法を開発する必要がある。

機械翻訳システムは、対象分野として、科学技術報告書、マニュアル、経済市況等、比較的専門用語の占める割合が大きく、用語の概念規定が明確な分野を対象とする。また、開発目標としては、10万語の辞書項目をもち、翻訳結果の10%程度は、人間の介入を許すシステムを実現することである。そのため、機械翻訳システムで特に研究開発すべき技術として、④を除く①～⑦の他に、

⑪ 中間言語の設定

⑫ 特定分野の多国語同巨大用語集、およびソーラスのデータベース化

⑬ 高機能なテキスト処理技術とハードウェア支援技術の研究開発

があげられる。また、①～⑦を各国言語について開発すべきことは言うまでもない。

(B)の図形・画像理解システムは、図形・画像の記述と理解を行うシステムを研究開発するものである。主要な研究開発項目を列挙すれば、

- ① 図形・画像演算理論と超高速演算装置の研究開発
- ② 特徴抽出技術の研究開発
- ③ 大域的構造化手法の研究開発
- ④ モデル記述法の研究開発
- ⑤ 言語情報と画像情報の関連づけ
- ⑥ 図形・画像生成表示技術の研究開発
- ⑦ 図形・画像データベースの構築

である。

記号理解システムは、数式、論理式、プログラム、ゲーム等、記号化された情報の表現と理解の機構を明らかにするもので、特に、人間のヒューリスティックスが必要となる類の問題解決を行うシステムの実現を目的とする。数式処理については、

- ⑧ 機能の向上と計算時間を短縮するアルゴリズムの研究開発
- ⑨ 簡易数式処理コンピュータの研究開発

を行う。現在の代表的な数式処理システムは大型コンピュータ上で開発されているが、同程度のものをパーソナルコンピュータ上に実現するのが⑨である。

碁プレイに代表されるゲームの研究は、人間の意思決定過程を構成的に明らかにしてゆくことに役立つと考えられる。特に、局所的なストラテジーと大局的なストラテジーとをどのように知識として表現し融合させるかを、碁プレイのシステム化を通じて明らかにする。

知識利用システムは、知識管理システムと共に、種々のコンサルテーション、知的教育システム等の具体的なアプリケーションに、容易に知識情報処理システムを適用させるための仕組みを研究開発する。したがって、知識利用システムは、個々のアプリケーションに共通な要素を抽出した“推論マシン”の研究開発が中心であり、アプリケーションに依存した知識ベースのさし替えにより、具体的なアプリケーション・システムの一部、特に

推論および問題解決システムの具体化をほめることができる。

以上に報告した基本応用ソフトウェア・システムは、1970年代に得られた情報処理技術のうち、特に人工知能の研究成果を一番発展させ取り込む必要がある。いずれも長期に要する大きな研究テーマであるが、人工知能に関する1970年代の研究成果の蓄積があり、一方で言語学者、心理学者、哲学者、社会学者等を含む学際的で全国縦断的な新研究プロジェクト体制が実現され、本格的な取り組みがなされれば、1980年代に大きな成果と前進が期待できるテーマである。また、これらの実現が社会に与える影響も多大であると考えられる。

4. 使われ方のイメージ

工分科会では、知識情報処理システムが、1990年代にどのような使われ方が予想されるかを、主として機能の面から考察した。

本考察は、システムと技術分科会において、後期の作業で波及効果を調べるための素材となるばかりでなく、要求仕様へのフィードバックとなることも期待している。そのため、ここでは、知的 CAD/CAM システム、オフス・オートメーション、知的 CAC (Computer Aided Consultation) システム、および知能ロボットを、イメージを与える対象に選んだ。これらは、工分科会での 6 WG のうちの 4 WG に関連している。それらは、CAE/CAD WG、OA WG、DSS/DBS WG およびロボット WG である。

使われ方のイメージを考える上で、「ソフトウェアの生産がどのようになるか」という問題は、工の対象の他に是非とも調べておかねば

ければならないテーマである。それらは、上に述べた各応用システムを実現する上で要となる技術である。ここでは、そのような観点から、ソフトウェアの問題に焦点を当てて使われ方のイメージを論ずる。

将来のイメージを論ずる前に、現在のソフトウェアの問題点を明らかにしておく必要がある。オ１に、大規模ソフトウェアの開発に膨大な労力を要することが見られる。大規模ソフトウェアは、多くの人手によって開発されるが、その共同作業が非常に困難である。ソフトウェアの作成は、その設計の良し悪しによって出来ばえも労力も大きく左右されるが、一般に良い設計法というものは存在しない。それゆえに、結果から決ってくる面が強い。すなわち、良いものを作るには、一度作ってみて、考え直し、改善することが必要となる。この改善、あるいは、プログラムの書き直し作業は、プログラム開発の全工程で、大

5
きな割合を占めている。そして、それはプログラムの大きくなるに従って困難な作業となる。プログラムの移植や、あるプログラムを他の目的に使う場合なども、この手直し作業の困難性がますますしてくる。

ソフトウェアの第2の問題は、素人によるプログラミングが難しい点である。プログラミング言語は、一種の言語であり、それを使うには、外国語を修得するのと同様、相当な訓練が必要とされる。とくに、現在の手続き型の言語では、計算機の動く原理を一応理解して、それに対する指令書と書いていくという意識が必要となっている。

ソフトウェアの第3の問題は、柔軟性に乏しく、決められたことしか実行できないことである。今後、CAD や DSS に使われることを想定すると、そのような分野では、データやデータ間の関連の利用のし方が問題になって大きく異なってくる。従来のプログラムのように、データなどの利用のし方を中心に記述

20-20

ある方式を採れば、異なる利用方法の分だけのプログラムが必要となる。たとえば、建築でのCADで、二次え上の点の集合を与えて、その中に正方形はいくつあるか、矩形はいくつか、あるいはL字型はいくつかを求める問題があったとある。すると、この各問題毎に、二次え上の点の集合を調べるプログラムが必要となる。

以上のような諸問題を一挙に解決するのが知識情報処理システムである。知的プログラミングの項でも述べたように、現在、すでにいくつかの新しい考えが提案され、その有効性の実証が試みられている。ここでは、そのうちとくに、3つの技術に注目したい。その1は、データ抽象化に基づく構造プログラミングである。それは、大規模なソフトウェアを、モジュールに分けて設計、作成する方法である。その2の技術は、問題解決機能を有する言語によるプログラミング開発である。その

ような機能は、プログラムの設計段階にも特に有効である。おかげで、その言語によって問題の解法自身を考えることが可能となり、問題の分析が進むわけである。この種の言語で、論理型言語 PROLOG がある。上で述べた建築の CAD の例で、正方形、矩形、L 型などの個別のプログラムを全く必要としない PROLOG プログラムの記述の例がある。このことは、このような言語が、次の柔軟なプログラムを実現する上でも、大変役立つことを示している。さらに、ルールの集合によってプログラムを作る方法がある。これは、知識工学の分野で特に研究が進められている。プログラミン・システムと呼ばれる計算の機構によって、ルールに従って計算が行われ、解答が出される。医療診断、資源探査、構造解析プログラムのユーザ・ガイドを始めとして多くの分野で応用システムが作られている。このための技術は、次の技術と深く関連している。

ソフトウェアの問題は難しいと一般に言われている。その進歩は当低望めそうもないと断言してはばかりない人も多い。しかしながら、以上述べたように、いくつかの新しい考へ方は、それらの有効性を十分示唆していると思われる。言語は思考の印けとなることは、数学と見ても明らかである。新しい言語の発明が、ソフトウェアの世界でも質的な転換をもたらすと言えよう。それは、設計の段階にも及ぶのである。新たな言語は、新たなプログラムスタイル（パラダイム）を持っている。プログラムミニグ方法論の進歩は、新たなパラダイムの発明によってなされてきた。Fortran 5.0 の原始的な言語の提供し得るパラダイムは、くり返し計算のみと言ってよいが、その後、LISP で再帰計算が実現され、さらに co-routine (SIMULA)、プロダクション (PS)、非決定プログラミング (PROLOG) などの強力な計算機構が発明されてきている。

ソフトウェアの問題は、プログラマを卒業
した管理者が、それらの新しいパラダイムあ
るいは新しいプログラミング・スタイルを理
解できず、したがって、そのような機能と提
供する言語を使わないところに真の問題があ
ると指摘されている程である。

新しい発明は、現在のところ、確かに性能
の面で、従来の Fortran に代表されるプログ
ラミングに追いつかないかも知れないが、プ
ログラムの開発を含めたコストを考えれば、
確実に新プログラミングが追いつき、追いつ
そうとしている（Fortran 自身、アセンブラと
比べると実行速度は劣るが、生産性でそれを
補っている）。さらに、複雑なソフトウェア
ミスの開発は、Fortran にとっては、あて
に不可能になっている。

新プログラミング・スタイルに適したコン
ピュータの開発は、新しい方向をさらに加速
することに下るであろう。

応用システムの基本的な機能を考える上では、以上述べたソフトウェアの問題の他に、マニ・マニ・インタフェースがどのようなものになるかのイメージが必要と思われるが、それらは、基本応用システムの項で十分に推察できよう。あえて強調するならば、知的対話能力の点についてである。知識情報処理システムでは、システムの利用者がかなり自然な形でシステムと意思の疎通を図ることが可能となるであろう。それは、音声・自然言語や図などを媒体として使えるばかりでなく、利用者の意図の推察、会話の誘導などの高度なインタフェースも期待できるであろう。

5. マシンのイメージ

基本ソフトウェア・システム、基本応用ソフトウェア・システムから設定されるハードウェア・システムのスケッチを図1に示す。推論マシンのアーキテクチャは、ほとんど基礎ソフトウェア・システムの仕様、特に新プログラム言語と知識ベース管理システムの仕様によって決定される。インタフェース・システムのアーキテクチャは基本応用ソフトウェア・システムの研究成果に依存する。特にフリ・プロセッサの処理内容、推論マシンとの役割分担等の決定の多くは、最終段階まで持ち越される。

(1) 推論マシン

推論マシンは、新プログラム言語を対象とした高級言語向アーキテクチャと知識ベース管理システムの基本機能となるデータ・ベース機能と駆動型(データ・フロー)計算機構の上に組上げたものとなる。

このような組上げが成功すれば、適応機能、整構造性、高信頼性等の属性を無理なく付与できる土台が得られると想定される。

何故、基礎ソフトウェア・システムがこのようなアーキテクチャを求めるかを簡単に説明する。

基礎ソフトウェア・システムの記述系部(言語、データ・ベース仕様)を特徴づける3つの属性について、その進化の有様を示したのが、図2である。この進化にともなう既存マシンの枠内では、効果的な処理が不可能になり新マシンが求められるというのが筋書きである。

まず、制御構造に関してである。繰返し計算はFORTRANという記述系にまとめられ、既存マシン上で美に効率良く実行される。次の再帰呼び出しはLispによって乗り越えられた。ALGOLやPL/Iは系としてはその記述要素を持ちながら、実用的といえるまでの再帰呼び出しを実現することはできなかった。Lispの既存マシンへのハード化の要求はスタック位で、最近のLispマシンも、その基本的な計算の機構まで変更しようというものではない。

次の非決定的処理は、PROLOGに上り乗り越えられた。ム-PLANNERをはじめとする人工知能何言語は、これに失敗した。PROLOG自身は、まだ初步的な機能しか持て居らず、その成長は、今後の研究成果に負うところである。

その研究の主調は、論理型と関数型をうまく融合し、その土台の上に、人工知能何言語等の利点を再整理するといふものになる。

Lispも PROLOGも、その障壁を乗り越えるにあたっては、その身を清め、基本スタイルを一新するという努力をした。その努力の甲斐があったからこそ、既存マシン上でも効率良く動くことができた。それでは、まだ既存マシンでは達成されてない非決定処理のほとんどや並列処理は、また新しい基本スタイルを持つ言語を考案すれば、既存マシン上で乗り越えられるのであろうか。明らかに、もはや不可能である。今度はマシンの方が、その基本スタイルを変えねばならない。すなわち、駆動型(データ・フロー)計算機構へと変貌しなければならぬ。PROLOG用ハードウェアを考えるにあたって、直接データ・フロー・マシンへ結びつけようという議論も始まっている。

データ構造に関しても、まだほとんど乗り越えられていない動的な(ヒープ)、連想参照(パターン照合等)を受ける高度なデータ構造には、並列処理による高速化や、連想用のハードウェアを組み込んだ新マシンが必須である。データ・ベースに関しても、しかりである。

上記の議論に関して、新マシン(推論マシン)の必要事項を幾つか挙げる。

① 新マシンの持つべき機能としては、次のものがある。

① 言語インタフェース

述語論理型、関数型などを基本スタイルとする核言語をインタフェースとする高級言語マシンとする。

⑪ 実行機構

- ・ 並列処理を基本とするデータフロー型の実行メカニズムを有する。
- ・ 抽象データ型をサポートするメカニズムを有する。
- ・ 関係代数演算を高速に処理するメカニズムを有する。

⑫ 基本構成要素, その他

- ・ 高度なデータ構造処理に適するパターン照合器や構造メモリ(連想メモリを含む)を持つ。
- ・ VLSI化に適した整構造性を有する。
- ・ 適応機能を有する。(可変構造性など)
- ・ 高信頼化技術が生かされる。

② 新マシンは、既存マシンをサブセットとして含む。

既存マシン上でも効率良く処理できた言語の諸機能は、新マシン上でも一段と整理され高速処理される。これは単純な互換性をいっているのではない。互換性の呪縛をとり払われ限り、新マシンは生まれない。

③ 記述系の3属性は、密な相互関係を持つ。

制御構造、データ構造、データベース機能は相互に強く依存し合っている。その関係はますます強く密なものとなる。新マシンのアーキテクチャもこの点を強く意識しなければならない。

基本応用ソフトウェア・システムからの推論マシンへのイメージを、各研究・開発テーマから拾ったものを、図3の推論マシンの項にまとめる。画像データベースマシンを少々特異点とするが、基本的には上記の基礎ソフトウェア・システムから見た推論マシンのイメージに、そのまま写像することになる。

(2) インタフェース・システム

インタフェース・システムのイメージを、やはり各研究・開発テーマの
説明から拾って図3に示す。それぞれの正確な性能値は、
プロジェクトの後段部で決定される。大切なのは、音声・言語・図形・
画像とすべての機能を統合化したスマート端末のイメージで
あろう。ここでは、それは今後の課題として割愛した。

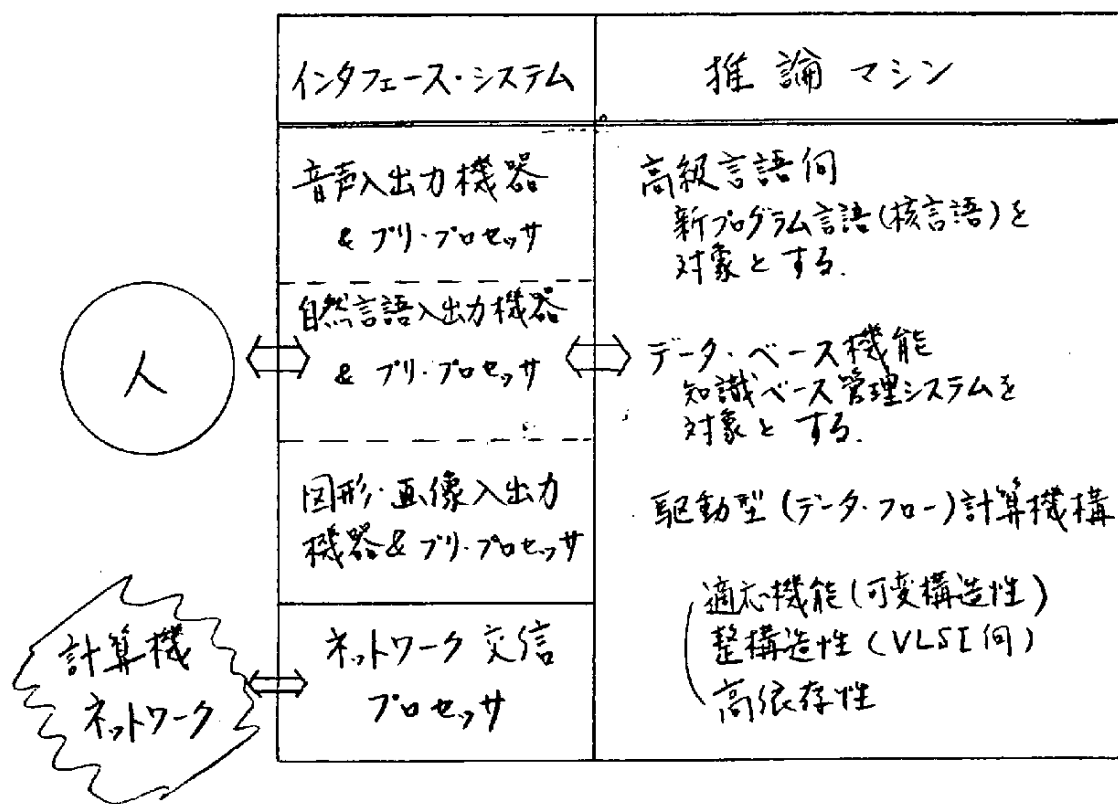


図1. ハードウェア・システムのスケッチ

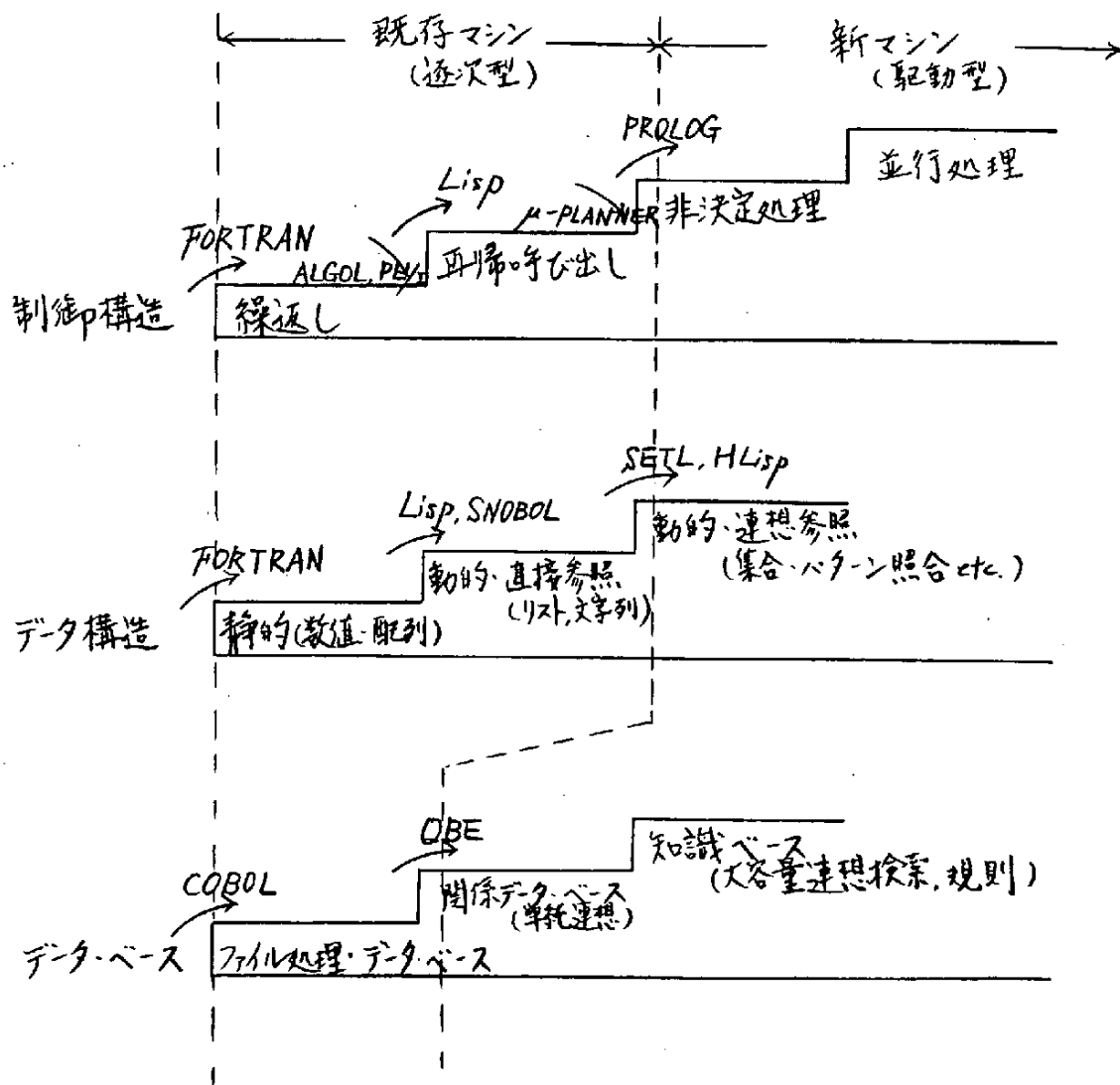


図2. 記述系の進化とマシン

推論マシン

・自然言語処理マシン

(高度な記号処理機能, 構文解析アルゴリズムの組み込み,
高度データ構造とパターン照合, データベース,
連想記憶, 並列処理)

・知識ベースマシン

・画像データベースマシン

インタフェース・システム

ー全体イメージ: スマート端末

(全機能と一体化した使い易いもの)

ー音声関係: 音声特徴抽出用・合成用ハードウェア

ー自然言語関係: 和文・外国語ディスプレイ, 簡易型音声タイプライター

ー画像関係: 超高速画像演算装置, 高精度・高性能グラフィックディスプレイ

研究・開発支援ネットワーク・システム

ー要素計算機: 高性能Lispマシン, 個人専有型計算機

ーネットワーク: ローカル・ネットワーク, グローバル・ネットワーク

図3. 基本応用ソフトウェア・システムから見たイメージ

6. 基礎理論研究分科会(論理機能)のまとめと開発のストーリー

6.1 研究開発課題のまとめ

第5世代コンピュータシステムを実現するために、'90年代に向けて研究開発すべき課題は、現在整理体系化中であるが、その内容は以下の通りである。

(1) 基礎ソフトウェアシステム

推論マシンと知識ベースに基づいた第5世代コンピュータシステムがサポートすべき最も核となるソフトウェアシステム。このソフトウェア

システムの上に、基本応用ソフトウェアシステムや種々のアプリケーションが作られる。

1-1) 知識ベース管理システム (KBMS)

知識ベース管理システムは、知識ベースに対する基本的な管理システム。

これを実現するためには、知識の表現方法と蓄積方法、知識の利用方法、知識の更新(追加, 削除, 挿入)方法等の研究開発や知識ベース設計・作成支援システムの開発が必要である。

1-2) 知的プログラミングシステム

ユーザの要求にしたがいアルゴリズムバンク(知識ベース)から必要な機能を持つプログラムを取り出し、推論しながら要求に合う様に合成するとともに、つくられたプログラムが要求を最適に満足していることを容易に検証できるシステムの研究を行う。

1-3) 新プログラミング言語

第5世代コンピュータシステムのアプリケーションに共通な機能をまとめたもの。この言語は、マシンアーキテクチャ設定の出発点となるもので、既存ソフトウェアの問題点(生産性, 進化性)を克服することを目指して、人工知能やプログラム基礎論等の

成果としての関数型/論理型プログラミングをベースに設計する。

(2) 基本応用ソフトウェアシステム

第五世代コンピュータシステムの種々の応用 (CAE/CAD, DSS, OA 等) で必要となる高度な共通機能をもとめ上げたもので、以下の様な

基本構成要素から成る。各理解システムは、それぞれ単独のシステムを構築するという想定で出発するが、プロジェクトの後半部では基本応用ソフトウェアシステムへの統合化を図る。

2-1) 自然言語理解システム

自然言語理解システムは、柔軟なマンマシン・コミュニケーション実現のために必要となる。推論と知識ベースを用いて、自然言語文の構文を解析し、意味や談話を理解する。また、問題解決の機構を持たせる。おもに日本語を対象とし、言語理解の一般的なモデルとシステムを研究開発する。

2-2) 機械翻訳システム

多言語間の翻訳は、社会の国際化に伴い必要となる。2-1) とともに、翻訳機構や知識ベースを用いた巨大用語集、テキスト用データベース等の研究を行う。

2-3) 音声理解システム

コンピュータとの対話、機械翻訳や種々の作業の最適・最高のインタフェースとして必要である。知識ベースを用いた音声合成、意味処理及び使い易い入出力ハードウェアの研究を行う。

2-4) 図形・画像理解システム

図形・画像の意味を理解し、処理し、必要な図形・画像を検索するシステムの研究を行う。図形・画像情報の記述法、これと言語との関連、生成技術、等の研究が含まれる。

2-5) 知識利用システム

種々のコンサルテーションシステム、知的教育システム、知的エージェントシステム等の具体的なアプリケーションに 知識情報処理システムを適用する。

2-6) 記号理解システム

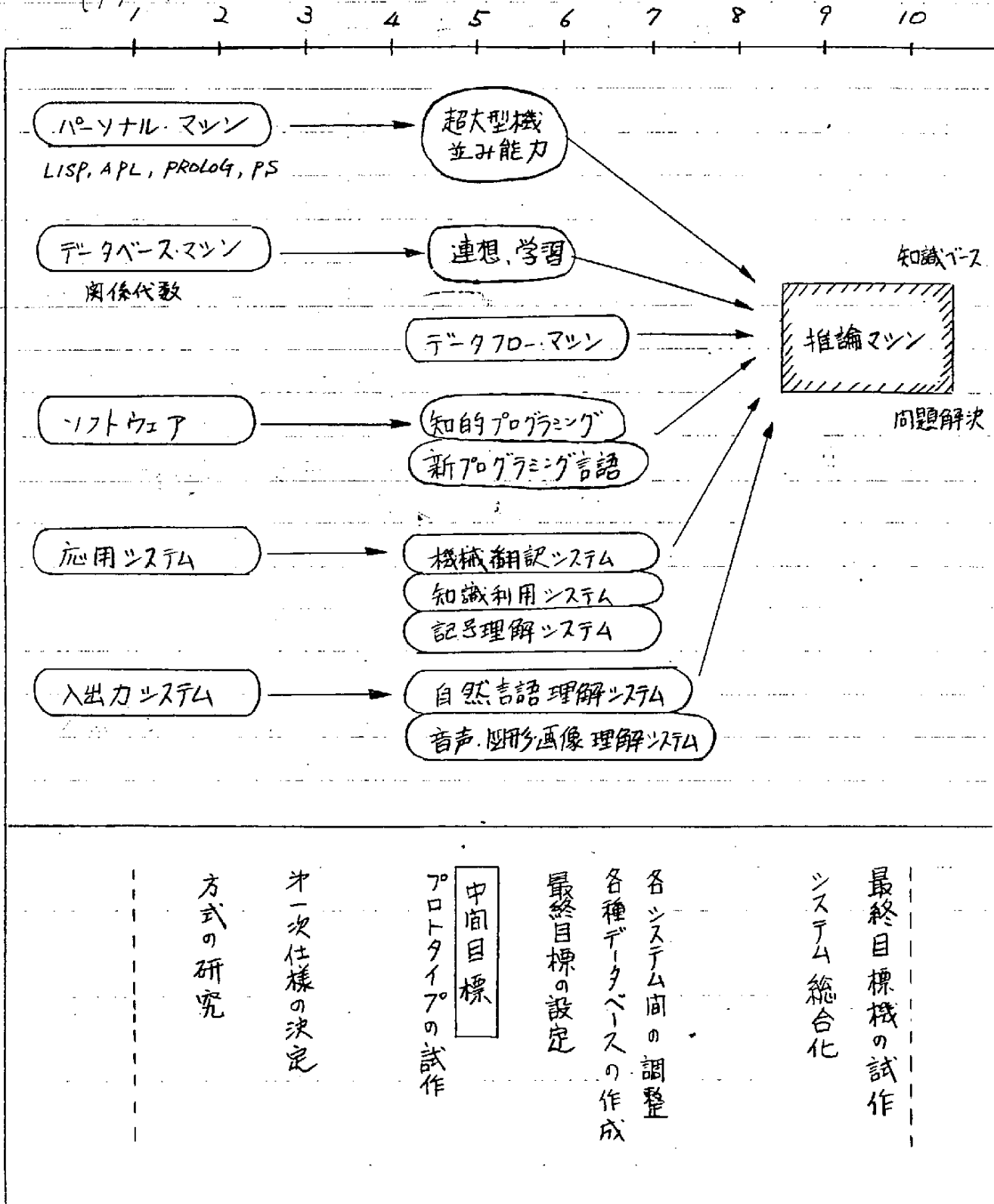
数式、論理式、プログラム、ゲーム等、記号化された情報の表現と理解の機構を明らかにする。具体的には、数式処理の汎用問題解決システム化、著アレーイングシステムを研究開発する。

6.2 研究開発の進め方

知識情報処理システム (KIPS) 開発の進め方

(1980)

(1990)



(1) 1985年頃までのストーリー

初めの5年間で基礎的方式の研究及び第一次仕様の決定を行い、5年目に中間目標を実現したプロトタイプを作成し、その後の研究計画の見直しを行う。

(1-a) 基礎ソフトウェアシステム

分散知識ベース管理方式、記述言語・記述系第一次仕様、核言語第一次仕様等を中心に研究し、5年目には知識ベース管理システム最終仕様、知的プログラミングシステムプロトタイプ、核言語最終仕様を作成する。

(1-b) 基本応用ソフトウェアシステム

「音声理解システム」、「図形画像理解システム」では、基礎的な特徴抽出方式の研究や理論的検討を行い、5年目には中間目標のプロトタイプを試作する。

「自然言語理解システム」、「機械翻訳システム」では、構文解析、意味解析、談話解析、文合成の他に翻訳用データベース等を作成し、5年目には中間目標として、それぞれ、数千単語の日本語理解システム、日英間2万単語程度の翻訳支援システムを試作する。

「知識利用システム」, 「記号理解システム」では、インタフェースシステムや基の解析プログラムを研究し、5年目には、数千規則を利用した知識利用システムや、基プレーイングシステムを作成する。

(2) 1990年頃までのストーリー

1985年までの研究成果を踏まえて、第5世代コンピュータの最終目標仕様を決定し、1990年までに、中間目標試作機の高度化、各サブシステム間の調整、ハードウェアシステムの作成及びシステム総合化を行う。

(2-a) 基礎ソフトウェアシステム

知識ベース設計作成支援システム仕様、知的プログラミングシステム最終仕様、システム記述言語最終仕様を決定し、必要なハードウェア化を行う。

(2-b) 基本応用ソフトウェアシステム

「音声理解システム」, 「図形画像理解システム」では、必要なハードウェアの作成及び機能の高度化を行う。

「自然言語理解システム」では、大規模な日本語辞書

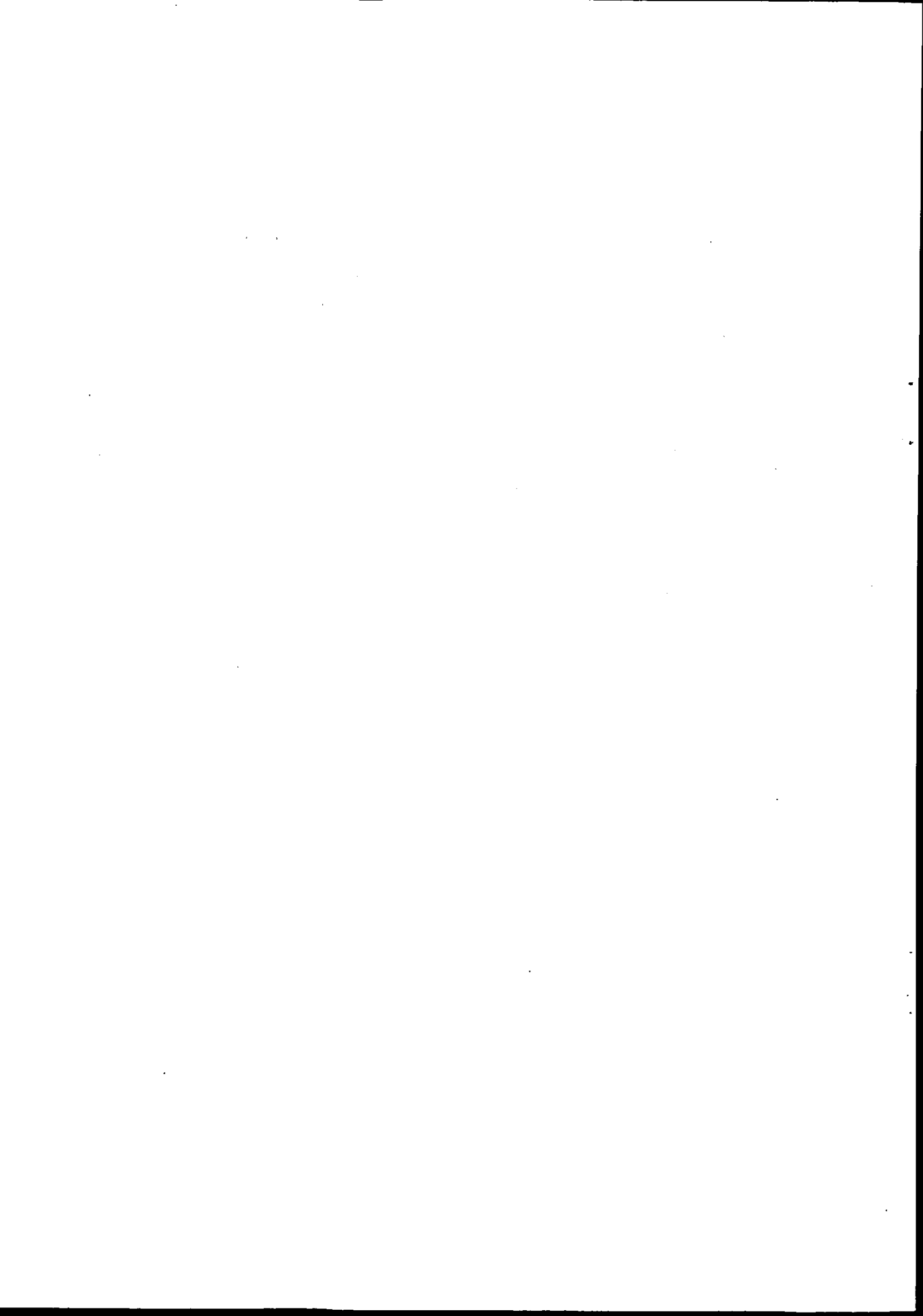
や構文規則ベースを作成し第Ⅱ期目標を作成する。

「機械翻訳システム」では、意味・談話解析機能の強化を中心に、対象語彙の拡大を行い、第Ⅱ期目標システムを実現する。

「知識利用システム」、「記号理解システム」では、高級知識の獲得や学習機能を持たせることによって性能の向上を図り、第Ⅱ期システムを作成する。

Ⅲ. アーキテクチャ研究分科会

1. アーキテクチャ研究分科会の役割と第5世代アーキテクチャ	105
2. 新アーキテクチャ	111
3. 機能分散アーキテクチャ	120
4. VLSI 技術	126
5. システム化技法	134
6. アーキテクチャ研究分科会 のまとめと開発のストーリー	136



1. A 分科会の役割とオ5女代アーキテクチャ

1.1 A 分科会の役割

オ5女代計算機アーキテクチャ研究分科会（以下、A 分科会と略称）の調査研究活動の目的は 1990 年代に開発が予想される計算機が具備すべき機能によって、計算機アーキテクチャの観点から検討することである。

このために、(i) 現在の計算機に至るまでの技術的発展経過の把握、(ii) 直面している問題点の分析、(iii) 新しい機能と求める要因の解析、(iv) 新しい機能と計算機アーキテクチャとの関係の明確化、(v) 新しい計算機アーキテクチャの評価、(vi) 新しい計算機アーキテクチャの実現可能性の検討、(vii) 実現すべき計算機アーキテクチャに関する研究開発課題の整理を行っている。

A 分科会の役割はこのように調査研究活動を通じて、1990 年代に開発されるであろう新しい高性能計算機の機能イメージの明確化と明確にし、計算機アーキテクチャの観点から追求すべき研究開発課題を

指摘することによる。

1.2. オラ世代アーキテクチャのとりえ

過去1年間の調査研究から、現在の計算機は応用分野において多くの問題点とかがえられていることが明らかに^{課題}なっている。オラ世代計算機はこれらの問題点に対して計算機アーキテクチャ・レベルから効率よく解決を図ることといえる。このためには、従来考えられていたように、計算機アーキテクチャと単なるハードウェア^{として}の論理仕組、とらえるだけでは十分ではなく、より広い視野からとらえる必要がある。図1.1はオラ世代アーキテクチャのとりえを概念的に示したものである。

新しい計算機アーキテクチャと求める要因の一つはハードウェア、特にVLSIの技術進歩がもたらすインパクト(シーズ)である。VLSI技術の徹底的な活用という立場でボトム・アップから計算機アーキテクチャが新しくなることが考えられる。一方、計算機の応用(ニ-

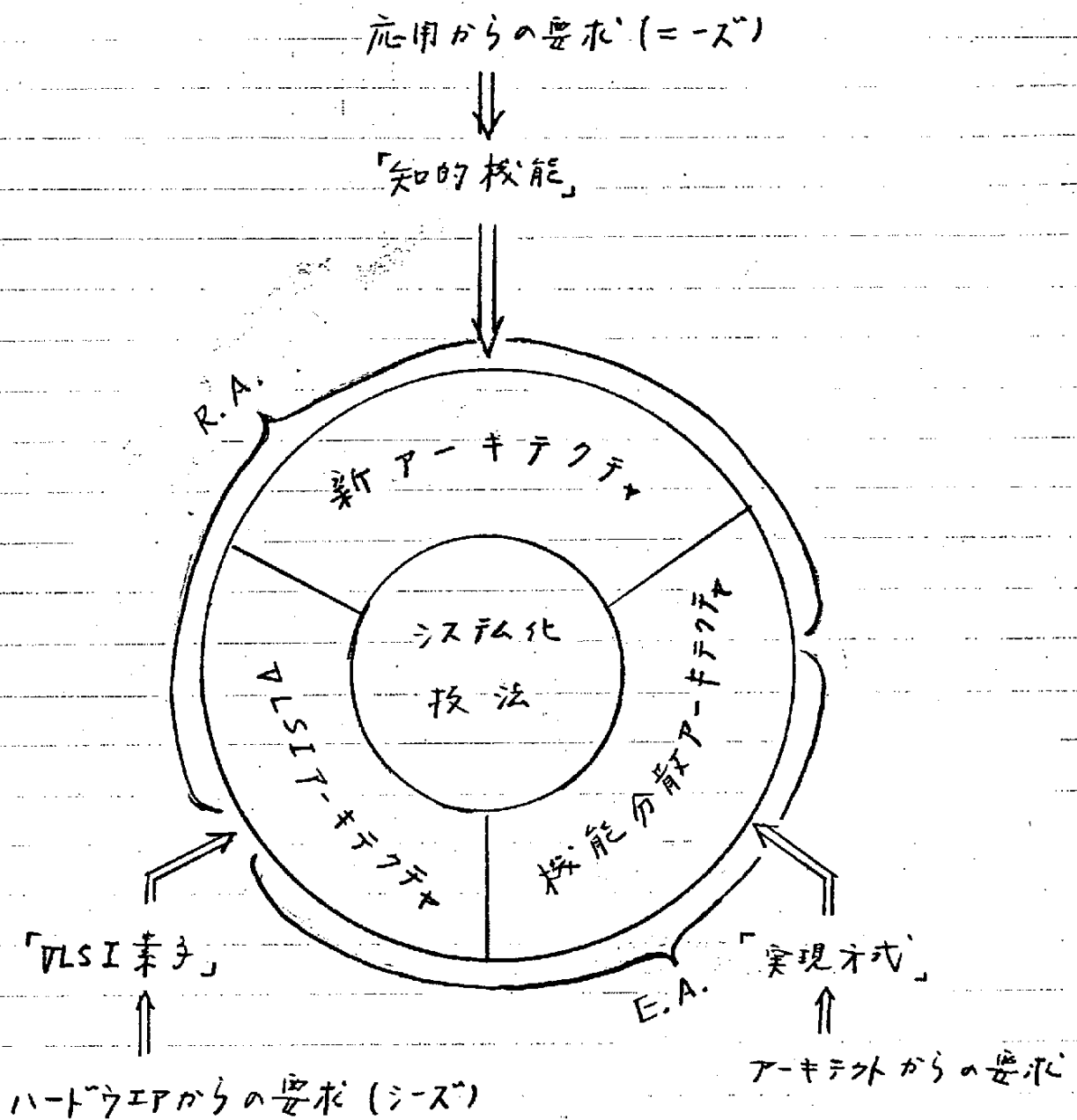
ズ)からの要求も大々的要素の一つに付てゐる。将来
 の応用分野からの要求は、今までの見られた処理の高速
 化より、大量データへの効率的な処理といった量的な要
 求だけでなく、質的な性能改善が叫ばれてゐる。こゝに
 とは将来の計算機にどの程度“知的能力”と与えよう
 とかであるかと云う点で、アウソウの問題に帰着する。
 要するに前者はVLSI技術の徹底的利用の考え方に基づく
 “VLSIアーキテクチャ”であり、後者は知的機能の要求
 に応える“新アーキテクチャ”と云える。

しかしながら、これらのアーキテクチャを計算機の中に組込め、実用化するためには、折衷ある機能とシステムとして効率的かつ容易に実現するための方針が必要になる。この方針を文えるのが「機能分散アーキテクチャ」である。見方を要之すれば、機能分散アーキテクチャはアーキテクトの理想的な要望を満たす方針ともいえる、計算機アーキテクチャとミドル・レベルからとらえたものと見えることができる。

これから大別して二つの重要なアーキテクチャには、従来の、いわゆるノイマン型アーキテクチャから大きく脱皮した全く新しい概念に基づく、いわゆる「革新的アーキテクチャ (Revolutionary Architectures)」と既に存在する方の方と発展させ効率的に実用化することとを主眼とする、むしろ「進化的アーキテクチャ (Evolutionary Architectures)」が共存することになる。もちろん、この両アーキテクチャを明確に区別することは難しく、「革新的」というのは「進化的」という表現は概念的な仮称にすぎないといはうまでもない。ただ、ここで注意すべきことは、

革新型アーキテクチャのかが研究開発に値し、進化的
 アーキテクチャの開発が容易なことと意味するものな
 りということである。両者は相対立するものでもなく、
 互に一方が他方の前段階の役割を果たすものでもない。正
 密接な関係をもっている。したがって、両者は
 互に補完しあう。並行して、積極的に、新しい見方で
 研究開発し、互に有効な実証結果を提示することにはならな
 いと思われる。

第五世代計算機に付全く新しいアーキテクチャをば
 じめ、構造、実装日と多くの未知：未経験の研究課
 題が含まれてゐる。したがって、第五世代計算機の開発
 には、複雑なシステムを構築するということ前提に立
 って、新しい「システム化技法」の体系化と急ぐ必要が
 ある。換言すれば、
 上述の3つの主要なアーキテクチャをシステムと
 して実用化するためには新しい観点からとらえたシス
 テム化技法を確立することが重要な課題に付てゐると
 思う。



R.A. : 革新的アーキテクチャ (Revolutionary Architectures)

E.A. : 進化的アーキテクチャ (Evolutionary Architectures)

図 1.1 第五世代計算機アーキテクチャのヒラエ

2. 新アーキテクチャ

2.1 新アーキテクチャへのアプローチ

1990年代の計算機アーキテクチャは、どんなものになるかという問いに答えることは容易なことではない。

しかし、どのような計算機アーキテクチャが望ましいかという問いには答えることができる。これは、将来の

社会的要請、現在の計算機システムのかかえる問題点、

プログラミング方法論や人工知能研究の進歩、VLSIを

はじめとする実装技術の進歩などを考慮し、これらのバ

ランスのとれにところに、その望ましい将来のアーキテ

クチャ像を据えることで、一つの答えを手えることがで

きようである。

ここでは、将来の計算機システムをめぐる環境からア

ーキテクチャへの要請を求め、これらを満たすために

必要と望しい計算機アーキテクチャ像を提示し、それを

実現するのに必要な研究開発課題を示している。

2.2 新アーキテクチャを求めよ要因

現在の計算機アーキテクチャの原型であるノイマン型アーキテクチャが実現されてから、20数年の歳月が過ぎ、計算機システムをめぐり環境は、大きな変化を遂げた。また、それとともに、現在の計算機システムは、多くの問題をかかえている。これは、次のようにまとめられる。

(1) 計算機システムをめぐり環境の変化

① 応用分野の飛躍的拡大

- ・ 数値計算のほか、記号処理（事務処理、文書管理）の需要の拡大
- ・ データベースなどに代表されるシステムの巨大化、地域分散化
- ・ 使用者の一般化、素人の使用割合の増大
- ・ CAE/CAMなど、知的活動への利用の拡大

② ソフトウェア、計算理論の進歩

- ・ データ抽象などの新しいソフトウェア構成手法
- ・ フォールタムの証明、自動作成の研究の進歩
- ・ 人工知能、知識ベース等の高度な処理手法の提案

③ ハードウェア実装技術の進歩

- VLSIに至る集積化技術や、新素子の可能性
- 小型化に伴う付随分散型アーキテクチャ
- データフローマシン等の高度なアーキテクチャ
- ネットワークをも含む不規則分散化

(2) 計算機システムの起こる問題点と解決のヒント

① 応用の高度化に伴うメンテナンス、ファクトの拡大

大と、システムの巨大化に伴う信頼性の低下

⇒ 理論的基盤に基づく新しいシステムの構築法
(新プログラミングシステム, 高レベル言語, 検証システム, VLSIとCADシステム)

⇒ システムの分散化
(機能分散システム, ネットワーク, パーソナル化と専用化, 適応化)

② 処理能力の限界

⇒ 高度な並列処理アーキテクチャとVLSI
(データフローマシン, データベースマシン, 種々の専用マシン, VLSIアーキテクチャ)

⇒ 新しいアルゴリズムと手法
(VLSI向きアルゴリズム, 並列アルゴリズム, 最適化の手法)

③ マンマシンコミュニケーションの改善

⇒ 通信メディアの拡大

(日本語入力, 音声や図形による通信, 自然言語の利用)

⇒ マシンのインテリジェンス化

(質問応答機能, 案内付きの通信)

⇒ パーソナル化による個人適応型システム

2.2 新アーキテクチャへの将来的要求

いろいろな要求事項を整理し, これらを満たすに必要な機能を, 将来のアーキテクチャの性能要求としてまとめてみる。これらは, 現在の計算機システムの理論, ソフトウェアやハードウェアの先端的研究が示唆するものを列挙したものである。

(1) 数学的, 論理的基盤に立つ計算モデルを持つ

これは, 大きなシステムの整構造化, ソフトウェアの検証, 合成の適用, 自然言語に近い高級言語との関連性などの点で重要であり, 述語論理型や関数型モデルが候補としてあげられる。これらは, フロックス

ンク言語に対応し、マシンは、高級言語マシとなる。

(2) 並列処理を基本的に含む実行機構を持つ。

処理能力の向上を目とし、関数型言語等との対応の
といた高度並列処理の実行機構を持つ。また、VLSI

化に適した基本構造を有する。このような機構の候
補としては、データフロー機構などがあふ。

(3) 機能分散型のシステムアーキテクチャを有する。

機能分散型のシステム構成は、OSなどの肥大化の
防止、構成の柔軟性、拡張性の確保、ソフトウェアや
ハードウェア資源の共有、信頼性の向上など、多くの
利点を有し、将来の実装形態の中心となる。

(4) 種々の高級言語や、ソフトウェア作成のためのサ
ポート機能を持つ。

ソフトウェアのモジュール化に有用な抽象データ型
の概念のサポートや、関係データベース処理を能率よ

く行う関係代数演算のサポート機能を持つ。このほ

か、非ノーマン機能として研究されてきた連想メモリ

や、タガアーキテクチャなども、活用する。

(5) マンマシンコミュニケーションのサポート機能を持つ。

日本語を含む文字情報のほか、音声、図形を用いた対話を実現するための専用プロセッサを含む。また、これらと推論、知識ベースを扱うソフトウェアと組合せて、人間にとって、心地よい交信の環境をつくる。

上記のような機能の実現は、アーキテクチャのみならず、将来のソフトウェアシステムをも含めた研究開発が必要である。理想的には、これらの機能が、一つの高報言語とインタフェースとを融合した形でユーザーに提供されるべきであろう。

2.3 新アーキテクチャの主要構成要素と研究開発課題

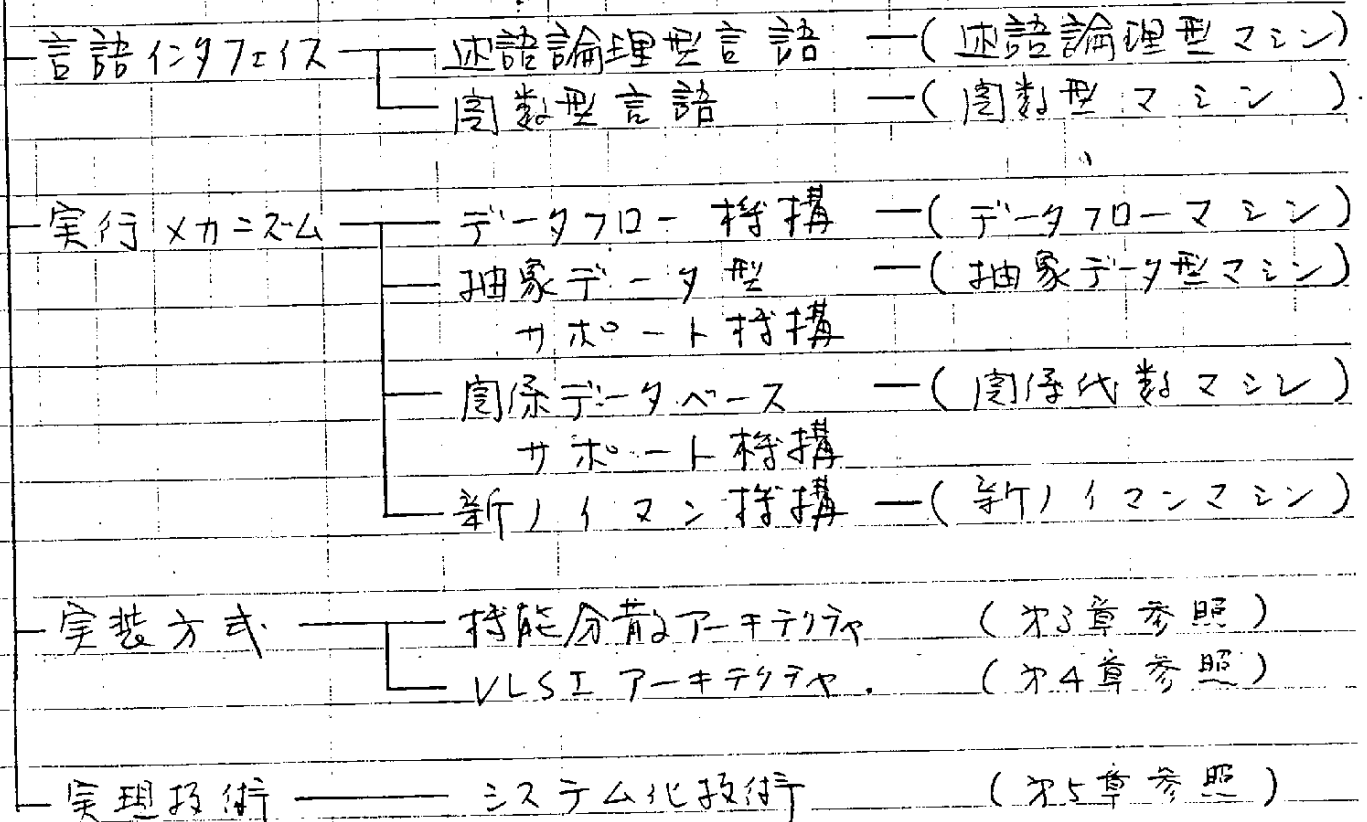
2.2 節で述べたような機能を総合したものが第5世代のマシンのイメージである。これらの機能をいかに融合し、第5世代を特徴づける知識情報処理システムの中核となるマシンを形成するかは、中心的課題であろう。

現時点では、2.2節で述べたそれぞれの機能を実現するに有効な候補をそれぞれ研究し、未知の要素が解明されるに従って融合化し、機能分散方式によって組合せたりするのが妥当なアプローチであらう。

総合的な構成イメージと対応する研究課題は、次のようなものと考えられる。

新アーキテクチャ (推論マシン)

()内は新アーキテクチャ関連の研究開発課題



新アーキテクチャでは、上記のような実行メカニズムが、機能分散アーキテクチャ等により実装され、ユーザに対しては、関数型言語等と核となる高級言語により、統一・融合化したものとして提供される。

2.4 研究開発課題と主要な技術項目

これらの研究開発課題と、それに対応する技術項目のうちから主なものをひろってみると、以下のようになる。

研究開発課題	技術項目
i) 述語論理型マシン	1. 拡張 PROLOG 言語の開発 2. 新述語論理型言語の開発 3. 並列計算モデル (データフローモデル等) 4. 並列制御方式と資源管理手法 5. フォームウェアベース PROLOG マシン 6. 並列バターン照合機構 7. 連想フロッペッサ, 連想メモリ 8. 節格別用構造メモリ 9. 記号処理用フロッペッサ (UHM 等) と VLSI 化
ii) 関数型マシン	1. 関数型言語の開発 (LISP を含む) 2. 並列処理記述方式 3. 並列計算モデル 4. フォームウェアベース LISP マシンとハードウェア化 5. 記号処理用フロッペッサ (UHM 等) と VLSI 化 6. 多重フロッペッサ用結合方式 7. 連想フロッペッサ 8. 構造メモリ (カーベリコレクションを含む) 9. リタリシオンマシンとその機構
iii) 抽象データ型マシン	1. 抽象データ型を含む言語の開発 2. コンパイラとフォームウェアサポート機構 3. 基本となるフロッペッサと VLSI 化 4. 構造メモリ 5. 並列処理方式 (ACTOR モデル等) 6. フロッペッサ間結合方式 7. 分断メモリと管理手法

研究開発課題	技術項目
Ⅳ) 図像代数マシン	1. 言語インタプリタの設定 2. 持家, 整列, 結合のアルゴリズムの開発 3. 並列処理方式 4. 単位フロッピャ (連想メモリ方式 etc) 5. フロッピャ間結合方式 6. 記憶階層の構成・制御方式 7. 大容量, 高速のファルデータベースの開発 8. 基本要素のVLSI化 9. 連想メモリ等子等のLIMの開発
Ⅴ) テキストフォーマットマシン	1. テキストフォーマットの設定, 開発 2. 資源管理, 制御方式 (OSを含む) 3. 経過依存性の扱い方 (ストリームの導入等) 4. 非決定性の処理 5. テキスト型で導入した言語 6. システム構成方式の研究 7. 単位フロッピャの構成方式 8. フロッピャ間結合関係 9. 構造メモリ 10. 入力装置の組付け手法 11. 障害対策, 信頼化手法 12. 基本要素のVLSI化
Ⅵ) 新ノイマンマシン	1. ソフトウェア指向アーキテクチャ (タグ, テキスクリ フォ, etc) 2. ダイナミックアーキテクチャとUHM 3. モジュール化構造 4. 抽象データ型サポート機構 (capability addressing, one level store, etc) 5. 連想メモリ等の非ノイマン機構 6. 移行性, 互換性技術 7. 高信頼化手法 8. 基本要素のVLSI化

3. 機能分散アーキテクチャ

前年度においては、第5世代計算機の基本アーキテクチャの考え方を提案したが、今年度は、その基本となっている機能分散アーキテクチャについて詳細な展開を行ない、研究課題を明らかにするように努めている。

オノ章で述べたように、機能分散アーキテクチャは新アーキテクチャやVLSIアーキテクチャを支え、それらをシステムとして効率的に実現させるための重要な技術である。しかしながら、融通性のある本格的な機能分散アーキテクチャに関する研究は緒についたばかりであり、オノ5世代計算機システムに不可欠な基本的な技術課題であることを考えれば、機能分散処理に関してしっかりした設計理念を確立し、効率的で実用性のある機能分散型計算機を構築する技術を開発することが重要である。

3.1 機能分散処理方式

3.1.1 機能分散の目的と効果

機能分散にはいろいろな効果が期待されるが、アーキテクチャ的見地からどのレベル(後述)にも共通的にいえるのは次の5点である。

① スループット / 実行速度の向上

② システムの成長性 / 構成の自由度の確保

③ 高信頼性 / 高稼働率の達成

④ 機能専用化による処理効率の向上

⑤ システム構築の容易化

これらはいずれも今後の計算機システムに求められる要件であり、逆にこれらを達成するには機能分散アーキテクチャによらざるを得ないと考えられる。

3.1.2 機能分散のレベル

主として

将来の計算機システムは次に示す3つのレベルのコン
ポネント・マシンを適宜組合せに構成をとるものと考
えらる。すなわち、

レベル1:

(i) VLSI 技術を基盤とした小型・高性能パーソナル・

コンピュータより一は高性能端末。簡単な仕事はこの
レベルの計算機で処理される。

(ii) レベル2: レベル1では処理しきれない大規模な任

務を処理するための超大型・高性能・汎用計算機。

分散されたレベル1計算機あるいは端末群にとつて

はクラス・コントローラの役割を果す。高速科学

計算機、高性能シミュレータ、データベース、高度

のマンマシン・インタフェースとユーザの関与に役

することもある。レベル1とレベル2との通信をも

受ける。サービス・マシンと呼ばれる。

(iii) レベル3: 目的指向の強い、応用に向いた特種目的

下規模

超高性能マシン、データベース・マシン、各種シミュ

レーション・マシン、超高速科学計算マシン、高イ

ンテリジェント・マシンなどを含む。

この場合、機能分解はいろいろのレベルで適用できるが、ここでは次の3つに分けて考察してみる。

(1) ユーザ・サイトと中央システム間：
レベル1とレベル2または3の間，複数の計算機システム間。

(2) 高機能計算機内：

レベル2計算機内部，レベル2とレベル3の間

(3) コンポネント・マシン内：

各レベルを構成するコンポネント・マシン内

3.2 考察

中間報告では以下に項目的に概要を示すような点について主に考察している。

- ・一般論
分散のレベル, オペレーティングシステム, データベース
- ・システムアーキテクチャ
システム構成 (レベル ②, ③)

ネットワークアーキテクチャ (レベル ①)

システムコントロール (コンポーネントマシンの全体制御, モニタ&コントロール)
- ・コンポーネントマシンアーキテクチャ
パーソナルコンピュータ, マシンサービスマシン, ユーザサービスマシン (高級言語マシン, 科学技術計算マシン, データベースマシン)

コントロールマシン (OSマシン, メディア制御マシン, システム管理マシン, 記憶制御マシン)

3.3 研究課題

関連する研究課題を簡単に列挙すれば次のようなものがある。

- ・機能分散システム
- ・ネットワークアーキテクチャ
- ・高速演算マシン
- ・データベースマシン
- ・高度マンマシンコミュニケーションシステム

特に、重要な研究項目は、

- ・機能分散の基本設計理念

(機能分割法, 論理インターフェース, 物理インターフェース, 情報交換方式, 情報配置方式)

- ・オペレーティングシステム

- ・分散データベース

- ・VLSIの利用

- ・自動適応化方式

- ・記述言語と処理系

- ・コンポーネントマシンの実現方式

(パーソナルコンピュータ, ユニバーサルホストプロセッサ, 高級言語マシン, 科学技術マシン, データベースマシン, マシンサービスマシン)

- ・システムコントロール方式 (制御方式, 資源管理, 機器保護等)

- ・信頼性向上方式

- ・並列処理技術 (アルゴリズム, アーキテクチャ)

- ・インプリメンテーション (素子, 実装)

- ・動作特性データ収集

- ・高機能ユーザインターフェース などである。

4. VLSI 技術

4.1 VLSI アーキテクチャ

コンピュータシステムの構造(アーキテクチャ)は、問題解決のアルゴリズムと、実現する時点で手に入る素子の性能により決定される。そのプロセスは決して、アルゴリズムがまず存在し次に素子が選択されるというものではない。入手可能な素子の性格、性能を十分知った上でアルゴリズムを決定し、方式決定へとすすむべきである。

そこで、ここでは“第5”実現時に入手可能な素子についてその性質より、アーキテクチャに及ぼすであろう点について考察する。そして素子 = VLSI である。いくつかのVLSI側からのアプローチの方法を述べる。また、そのため必要となる条件(=開発サポートシステム)についても述べる。なお“第5”でのVLSIとは、100万Tr/Chip以上のものを指しており、これが入手可能な時期は、1985年、また1990年には1000万Tr/Chipが入手可能と考えている。

アプローチの方法

① VLSI 特性を出来るだけ生かすアプローチ

従来のシステム, アーキテクチャにとらわれず, VLSI の特質をまず考え, それを方式に反映させていくアプローチである。特質とは以下の通りである。

- ① VLSI では, Communication Cost の方が, Computation Cost をはるかに上まわる。
- ② 少ないタイプの単純なセルによりチップを構成する方がチップ面積使用効率がよい。
- ③ たとえばバス構造のような単純・相対構造をとるより, ローカルな通信が多い構造の方が, チップ面積使用効率もよく, 速度も上る。
- ④ データ入出力時間をも最大限利用するには, パイプラインとマルチプロセッシング混合アプローチなどが優れている。

以上を最大限に生かすようなアーキテクチャを考える。

VLSI にとっては, Knuth のアルゴリズムの多くは整合

しない場合が多い。上記アプローチはまだ始まったばかりであるが、C.M.U.のkungらによるSystolic Algorithmsは一例であろう。

(2) 適応化アプローチ

VLSIは、大量生産により成立するという点に特に注目し最小コストで最大効果を上げる事を目的とするものである。そこでたとえば、ISP以下では出来るだけ汎用とし、それより上のレベルで問題に合わせ適用させる。VLSIチップUHP (= Universal Host Processor) をつくり、ダイナミック・アーキテクチャにより問題に適応させる。これはスーパーパーソナルのコアとなる。

(3) DA 指向アプローチ

DA (Design Automation) のやりやすさを素子 (= VLSI) に求め、少量多品種の特殊チップをアーキテクチャ的に構成する。たとえば素子としてPLA構造とし、その構造の決定を、DAにより解決する。たとえば、シリコンコンパイラは、

PLA・DA システムの一例であり、論理式より構造(=マスキパターン)が、自動合成される。なおPLAは、その規則的な構造ゆえVLSI向きである事を付加しておく。また、VLSIの特質としてこれらのDAを活用することにより custom designがやり易いとか、turn around timeが短くなることなどがあげられる。

(4) 巨大論理空間アプローチ

VLSIによりまず作られるのはメモリであるというのはその構造の単純さから言ってまちがいない事であろう。しかし巨大メモリ付加は、論理アドレスの拡大を意味し、アーキテクチャ的にもこれを支えるメカニズムを考える必要が大きい。たとえば、32ビットを論理アドレスの指標とした場合その空間はなんと4Gにも及ぶ。

(5) VLSI マルチチップ

これは、VLSIを組み合わせて、更に大きな1つのプロセッサを構成する場合のアプローチ法である。すなわちVLSIで1チップ構成が可能となっても更にVLSIを組み合わせて超高速処理をねらう必要があるから

である。問題としては、ゲート数に対して必要な接続ピン数をどのように用意するかと、その間をどう接続するかである。

4.2 素子技術

素子技術は、オラ世代計算機システムの基盤を支えるものとして、最も重要な位置を占める。これらは従来、計算機技術の進歩を可能としたシリコンデバイス、磁気記憶デバイスのほか、ジョセフソン接合素子（JJ素子）、化合物半導体、光デバイス等の新素子も含んでいる。VLSI技術は、シリコンデバイス以外のこれら新素子についても、当然、適用されねばならない。これら新素子も含めた素子技術に関連する開発動向、内題点、また、課題を、次の表にまとめて示す。

デバイス	A. 開発動向	B. 計算機への適用可能性	C. 技術的問題点	D. 80年代の課題
シリコン VLSI	集積度： メモリ 2 ¹⁰ /cm ² ロジック 2~3 ¹⁰ /2 ¹⁰ 価格低下率： メモリ 40%/年 ロジック 25%/年	MOS： 0.1 ns/gate 1 μw/gate 10 ⁶ gates/chip バイポーラ (ECL)： 0.05 ns/gate 1~10 mw/gate 10 ⁴ gates/chip	微細加工技術 精密加工 高速 電気伝送回路 CAD	→ 1~0.25 μm → 欠陥数 5x10 ³ /cm ² → SOS NMOS, I ² L → Si コンパイル → 入出力 10 ³ → 多層配線 10~10層 → ビット数 150~200
化合物 半導体 (GaAs)	Mobility： Siの7倍以上 (InSbは更に10倍) Energy Gap： Siの1.4倍	FET 論理回路： 30~400ps/gate 0.1~40mw/gate 遅延電力積はSiのCMOS と同等(0.1pJ以下) ガン効果機能回路： 10~100ps/gate 30~100mw/gate	材料特性の研究 均一な基板製造 (結晶・絶縁物) 冷却技術(熱電導率はSi の1/3) 信号の振幅(0.6~0.8V)	オンチップCPU(FET)： 10 ⁴ ~10 ⁵ gates/cm ² 20W, 1GHz バッファ・メモリ(FET)： 100ns, 1KB 機能モジュール(ガン)： カウンタ・乗算器など 1,000~2,000 gates/chip
ジョセフソン 接合素子	スイッチング特性： 10~100ps 消費電力： 2~5 μw 遅延電力積： Siの2桁以上改善	論理回路： 100ps/gate 4×4bits 乗算器 45 gates, 27ns メモリ回路 64bits 2.3ns 16K bits 7ns 計算機システム： IBM 370/168 (16MB)	物性面からの研究 安定な素子製造(材料、絶 縁物、熱サイクル) 集積化技術 冷却技術 実装技術(外部インタフェ ース) 液体ヘリウム資源	基礎研究 超高速機能モジュールの 試作・実験
光素子	光ファイバ： 伝送帯域 10 MHz・Km ~10 GHz・Km 伝送損失 0.5 dB/km (1.3 μm)~3 dB/km(0.85 μm) 発光・受光素子： 変調速度 10 Mb/s(LED) ~数 Gb/s(LD) 寿命 100 万時間(LED)~ 1 万時間(LD) 光ケーブル： 12芯×12層ケーブル	光伝送路： 10 Mb/s~300 Mb/s 光機能素子： FET など 光メモリ： ホログラフィなど	高集積化光ケーブル 発光・受光素子の高信頼化・ 長寿命化・ 光・電気高速変換技術 光分岐技術 光スイッチング素子 光機能素子 高利得化	光ローカル・コンピュータ ・ネットワーク 入出力機器接続(入出力チ ャネル) 機能モジュール接続(光バ ス) VLSI 素子接続
電子ディスク	CCD 素子： 実装密度 RAM の 4 倍 128 kb/chip, 平均アクセス 時間 400 μs, データ転送 レート 5 Mb/s 磁気バブル素子： 1 Mb/chip, 平均アクセス 時間 40 ms, データ転送 レート 100 Kb/s	CCD メモリ： 超高速科学計算機用 ファイルメモリ 256 M×64 bit 語 1 ms 磁気バブル・メモリ パーソナル・ファイル・ メモリ 100 MB, 10 ms	高密度素子開発 低価格化	CCD 素子： 1~4 Mb/chip 磁気バブル素子： 10 Mb/chip
大容量 ファイル ・メモリ	磁気ディスク： 記録密度 2~3 Gb/in ² 記録面密度 10 Mb/in ² (限界 10 Mb/in ²) 磁気テープ： VTR 式磁気テープ 10 ¹³ bits 1~30 Mb/cm ² 100	大容量磁気ディスク： 1 GB/ドライブ 集積ヘッド 大容量磁気テープ VTR ホーム・コンピュ ータ用ファイル・メモリ 3 ¹⁰ /4 年	高密度記録方式： 垂直磁気記録方式 光磁気再生方式 光または電子ビーム書きか え方式 ホログラフィ連想メモリ 多重記録メモリ	磁気ディスク： 現在のディスクの10倍 光メモリ： 現在のディスクの100倍 磁気テープ： VTR 式 10 ¹⁴ bits

4.3 VLSI-CAD

VLSIにとって、CADは必須装備であり、これなくては実現は不可能である。2つの重要なポイントが指摘される。

①多階層包括システム

方式・論理設計レベルからマスクレイアウトレベルまで一貫して接続されており、各レベル間が有機的に通信できるようなトータルVLSI DAシステム。

②知的CAD

現在、VLSIに限らずLSIデザインに関してはヒューリスティックな処理が要求される事が多いが、このような(人間の)経験を有効に利用出来る、または人間にかわり、処理を行うDAである。これにより、はじめてユーザーが応用面により適応したVLSIを手に入れられるようになるのである。知的CADは現在米国で盛んにその試作がはじまっており custom designが可能になってきている。

5. システム化技法

システム化技法とは、コンピュータを、またシステムをどのように構築していくかという技術を集大成して総称しているものである。従来この種の技術は、ノウハウという言葉でかたづけられてしまい体系化がすすまなかったようにも思える。しかし我々はコンピュータ誕生以来30年を経て一つの転換期に来ているように思える。“オ5”という従来のコンピュータシステムとはレベルが格段に異なるシステム構築を前にして、今こそシステム化技術を体系化づける必要があると考える。またこのステップを通らねば“オ5”実現は不可能であろう。以下にシステム化技術として重要と思われる項目を述べる。

5.1 設計開発技術

新しいアーキテクチャをつくるためのサポートとしては、アイデアを自動的に生み出す事は難しいので、研究者がアイデアを出しやすくするための方法が重要である。“新”のために“旧”を徹底的に利用する。過去に行われた研究、開発、実験のデータの有効利用のため“アーキテクチャ構築のためのデータベース”を作る事が重要である。その他、アーキテクチャ実験のためのコンピュータ(たとえばUHP)の装備も必要である。このような

アーキテクチャ構築ツールを含め、研究開発環境に思いきった投資をする必要がある。

また開発のための技術 = CADが必要な事は言うまでもない事である。

VLSIについて特に重視し、このための技術を開発する。そしてここでも

従来のノウハウ知識がコンピュータを通して利用出来る事が重要で知的

なCADの必要性は高い。

5.2 システム化技術

一つは、アーキテクチャをどう使っていくかという技術で、特に大規模ソフトウェアをどのように開発するかこの技術である。多分に 5.1 と

似た点が多いが、ここではソフト開発の手法に役立つ技術をアーキテク

チャに反映させる事も考える。またシステム化技術としては、その他、

FTCがある。これはいかにシステムを高信頼化にするかという事である。

さらに実装化について、特にVLSIを意識して、技術を集大成する必要

性がある。

5.3 仮想化技術

仮想化技術とは、ユーザーが計算機を使う際頭にうかべる論理イメージの

ハードウェア・ファームウェアに写像するかの技術という。使い易さを高め

広範囲な応用分野を更に開拓する。

6. A分科会のまとめと開発のストーリー

6.1 オ5世代計算機アーキテクチャの特徴

A分科会で検討中のオ5世代計算機アーキテクチャの主な特徴を簡単にまとめれば次のとおりである。

- (i) 従来の計算機アーキテクチャの研究において見られるような量的な改善だけでなく、質的にも計算機の性能を飛躍的に発展させることを目標にしている。
- (ii) 新しい計算機構成素子“VLSI”，応用からの要求“知的機能”ならびにシステム化技術“機能分散”の立場からアーキテクチャをとらえている。
- (iii) オ5世代計算機は内部構造的には主として上述の3つのアーキテクチャに基づく新しい考え方を高度に融合したものである。
- (iv) 計算機アーキテクチャに対する考え方が従来のものと異なるため、アーキテクチャの開発には新しい方法をとる。
- (v) オ5世代計算機システムはユーザにとって、全く新しい機能を備えた新しい高性能計算機となる。

6.2 研究開発課題

オ5世代計算機アーキテクチャに関連する研究開発課題を列挙すれば次のとおりである。

(1) 新アーキテクチャ

コンピュータに対する知識情報処理システムからの要求を満たすアーキテクチャの研究開発を目的とし、第五世代コンピュータアーキテクチャへのトプログラミング的アプローチである。

1-1) 述語論理マシン

推論の基本となり、また自然言語に近い表現力を有する述語論理の計算モデルおよびプログラミング言語をサポートするアーキテクチャを研究開発する。

1-2) 関数型マシン

記号処理に適し、理論的基盤に基づく、関数型のモデルおよびプログラミング言語をサポートするアーキテクチャを研究開発する。

1-3) 関係代数マシン

関係代数をインターフェース言語とするマシンであり、その処理は集合演算を目的としており、将来のデータベースシステムの中核となると考えられる。

1-4) 抽象データ型マシン

巨大で複雑なソフトウェアのモジュール化をいかにしてアーキテクチャ側からサポートするかに重点をおき、将来の計算機のメモリの構造やプロセッサの性能を求めることが中心課題となる。

1-5) データフローマシン

高度な並列処理の実行を目的とし、並列処理を基本的に含むデータフローモデルに基づくアーキテクチャの実現をその目標とする。

1-6) 新ノイマンマシン

ノイマン型マシンの改良、ならびに高度のVLSI化により、ノイマン型マシンの利点を生かすアーキテクチャを研究開発するものであり、既存システムから新システムへの移行にとって重要な課題である。

(2) 機能分散アーキテクチャ

VLSIを前提とし、かつ evolutionary なアーキテクチャの側面を重視した研究開発課題であり、新アーキテクチャと VLSIアーキテクチャの融合を具象化するためのレベルとして重要である。

2-1) 機能分散システム

一貫した理念のもとに、高効率、高信頼で使い易く構築しやすく、将来の技術改良に対応しやすく、高機能で、各種のマシンシステムレベルに対応できる機能分散システムの研究開発。

2-2) ネットワーク・アーキテクチャ

地域的に離れて設置されているコンピュータシステムを疎結合するためのアーキテクチャ。第5世代では高速のローカルネットワークによる分散情報システムの形態も想定しており、両ネットワークの融合利用のための技術を開発する。

2-3) 高速演算マシン

科学技術計算を高速処理するための専用マシンも研究開発するものがあり、実験に代る数値シミュレーション等、その重要性は増大する。

2-4) データベースマシン

データベースの処理に適したアーキテクチャを持ち、大容量データベースに高速アクセスできる専用マシンの研究開発。

2-5) 高度マンマシンコミュニケーションシステム

人間向きの対話能力（インテリジェンス）を計算機システムに付与するための技術の研究開発。

(3) VLSI 技術

VLSI を 最大限に利用するアーキテクチャの研究開発で、構成素子からの 5 世代コンピュータアーキテクチャへのアプローチである。

3-1) VLSI アーキテクチャ

1990 年頃に登場すると予想される 1000 万トランジスタ/チップ 程度の VLSI の特徴を最大限に生かすことを目的としたアーキテクチャの研究開発である。

3-2) 素子技術

将来のコンピュータアーキテクチャの基盤を支える技術であり、シリコンを基材とする VLSI, 新素子 [・ゲートトンネル接合素子, ・化合物半導体 (GaAs 等)], 光関連技術, 等 がテーマとなる。

3-3) VLSI-CAD と 評価技術

超高集積化に伴い VLSI の設計と評価は難しくなる。この問題と解決するための CAD (Computer Aided Design) と評価技術の研究開発する。

(4) システム化技法

5 世代コンピュータをシステムとしてまとめるための技術の総称であり、アーキテクチャ構築法を特にテーマとする。

4-1) ダイナミック アーキテクチャ

高いコストパフォーマンスとシステムの柔軟性・拡張性を保証するため、ダイナミック・マイクロ・プログラミングや適応化技術, 等のアーキテクチャ技術の研究開発する。

4-2) ソフトウェア指向 アーキテクチャ

ソフトウェアの作成・合成・検証を容易にするためのアーキテクチャ技術およびユーザに対して種々のソフトウェア・ハードウェア資源を効率良く提供, かつ管理する仮想化技術の研究開発する。

4-3) 超高信頼化 技法

メンテナンスし易く, 誤動作・故障に耐え得るコンピュータシステム (ハードウェア, ファームウェア, ソフトウェアを含めて) を目指す技法の研究開発である。

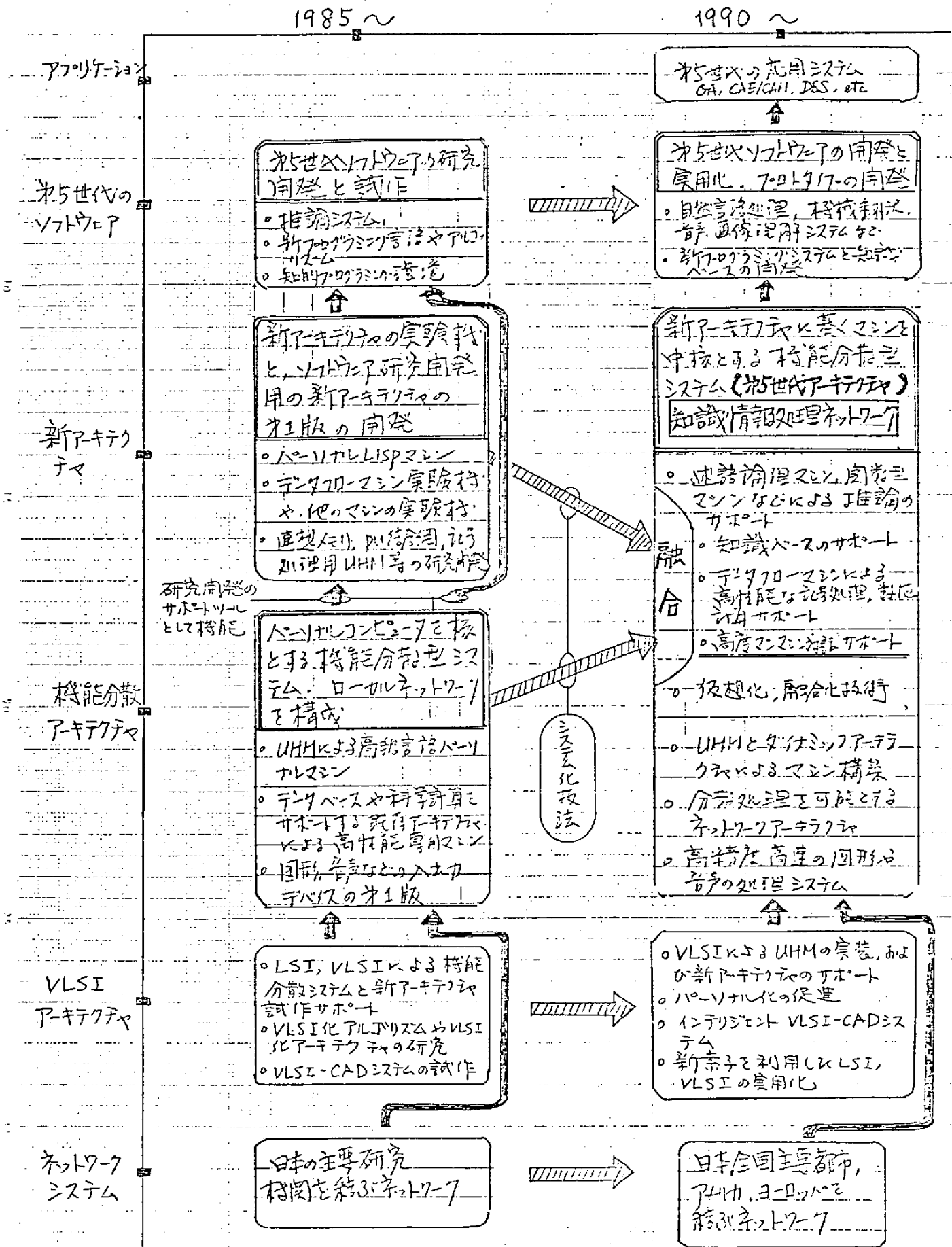
4-4) 知的設計開発技法

新しいアーキテクチャ概念にもとづくコンピュータの, 形式設計/論理設計のための方法論と開発支援システムの研究開発である。

6.3 開発の進め方

第5世代計算機アーキテクチャの開発の進め方を図6-1に示す。また、開発のストーリーを示せば次のとおりである。

図6.1 第5世代アーキテクチャの開発のすすめ方



(1) 1985年頃までのストーリー

1-a) 1985年をめぐりに、機能分散システムを実現し、パーソナルコンピュータネットワークを、研究用ツールとして開発する。

これは、個々の研究機関でローカルネットワークとして機能するとともに、全国の研究機関を結ぶ全国的なネットワークをも含む。

1-b) パーソナルコンピュータは、LISPなど、知識情報処理技術の研究開発用に適した言語を サポートするものも含む。

1-c) 機能分散アーキテクチャの考え方を整理し、効率的な機能分散型計算機の実験機を開発し、性能評価を行う。

1-d) VLSIについては、CAD用の記述言語や、試作のための ファブリケーションのラインを整備する。これもネットワークへ接続する。

1-e) 新アーキテクチャの研究に基づく実験機を作り、ネットワークに接続する。ネットワーク中のマシンを使ってシミュレーションによる評価や、ソフトの開発をすすめる。また、遠隔地から試用してみることも可能とする。

1-f) 新しいプログラミング言語や、ソフトウェアの検証法、その他知識情報処理の基本となる推論の手法や知識表現法の研究も、このネットワークやパーソナルコンピュータ(LISPマシンなど)を用いて行なう。

(2) 1990年頃までのストーリー

2-a) 新アーキテクチャに基づき、推論などを高速にサポートするマシンの開発に重点をおく。

これらの新しいマシンを中核とし、それまでにできている機能分散システムのネットワークを拡張し、知識情報処理のためのソフトウェア(第5世代ソフトウェア)が実用化できるくらいの速度を実現する。

新しいアーキテクチャによるマシンは、このネットワークを接続され、評価やソフト開発が行なわれる。

2-b) これらのマシンの部品は、多くがVLSI化されている。

2-c) 1985年頃までに完成した機能分散ネットワークのローカルネットワーク部分は、新アーキテクチャに基づくマシンを中心としたものに、成長、拡張される。

外部との接続は、日本の主要都市のほか、海外とも接続される。

IV. ま と め

1. オ5世代コンピュータのイメージ	144
1.1 研究開発の背景	144
1.2 オ5世代コンピュータシステムに求められる機能	145
1.3 オ5世代コンピュータシステムの目標像	147
2. 研究開発の課題とストーリー	149
2.1 研究開発目標	149
2.2 研究開発課題	156
2.3 研究開発のスケジュール	161
3. オ5世代プロジェクトの意義と効果	162
4. 全体討議	

[質問票はもう提出しましたか？]

1. 概要

1.1 研究開発の背景

(1) 社会からの要請

- ① 90年代社会が期待する情報処理技術
- ② 真の情報化社会の到来とその高度化
- ③ 全産業分野の基盤技術としての情報処理技術の役割急増
- ④ 技術立国と技術先進国としての国際社会における責務
- ⑤ 日本独自の基礎技術の研究開発能力の必要性

(2) 技術基盤の熟成と新技術に対する期待

① ハードウェア面での進歩

- ・ VLSIの集積化技術
- ・ 新素子の可能性 (GaAs, JJ, 光デバイス…)
- ・ 小型化による機能分散型アーキテクチャ
- ・ 高度並列処理を目指すデータフロー等の新アーキテクチャ
- ・ 通信ネットワーク利用による広域分散化

② ソフトウェア面での進歩

- ・ ソフトウェア工学の進歩による新しいプログラム構成法 (データ抽象)
- ・ 計算の基礎論の進歩と新しい計算モデルの提案
- ・ プログラムの証明や自動合成の研究

③ 人工知能研究, マン・マシン・インタフェース面の進歩

- ・ 人工知能・知識ベースなど高度な処理手法の可能性
- ・ 図形、画像、音声、文字などの認識を可能とするパターン認識技術

1.2 第5世代コンピュータ・システムに求められる機能

(1) 専門知識がなくとも利用できる使い易い機能.

- 音声、図形、画像、文章などによる入出力機能.
- 自然言語や図形による会話型処理機能.
- 専門的な知識が利用できる機能.

(2) 判断、意思決定が可能な人間の代替としての機能.

- 膨大な蓄積データから自動的に関連情報を取り出せる機能.
- 記憶しているデータをもとに、未知の問題に対して推理して結論を得ることができる機能.
- 新しい問題の対応内容を高度に活用できる形にして自ら記憶することができる機能.

(3) 多様な業務に適用できる柔軟な構成を可能とする機能.

- 要求に最適なシステムが構成できる機能.
- 必要に応じ大規模な計算処理や大量のデータ管理を高速にこなすことができる機能.
- 業務量の増大に応じてビルディング・ブロック方式で容易に拡張できる機能.

(4) プログラミングを容易にする機能.

- プログラムをコンピュータ自身が作成、修正する機能.
- 常識的なことは人間が指示しなくともコンピュータが判断し処理できる機能.
- コンピュータの機種変更や増設に対し容易に対処する機能.

- (5) コンパクトでコスト・パフォーマンスの一面優れたシステム機能
- (6) 遠隔地相互間においても高度な分散処理を可能とするシステム機能
- (7) 高信頼性機能
 - 故障による影響を最小限にするための自己修復機能
 - 検証が容易に行える機能
 - 保守性に優れたシステム機能
- (8) 高度な機密保護機能

1.3 第5世代コンピュータ・システムの目標像

第5世代コンピュータ・システムは、従来のコンピュータの技術的制約を克服し、1990年代に要求されるであろう高度な機能に対応しうる、革新的な理論と技術に基づく新しいコンピュータ・システムを目指すものである。

また第5世代コンピュータ・システムは、要素技術の研究開発、システム設計、試作等の各ステップを経て、1990年代初頭にはプロトタイプの開発を完了することを目標とする。

第5世代コンピュータ・システムは 1990年代に向かって多様化する社会的要請に応え得る機能をもつ、知識情報処理指向のコンピュータ・システムである。

(1) 記述系（言語，ソフトウェア）

新応用分野に対応でき、人間の要求とコンピュータとのギャップを少なくする記述系

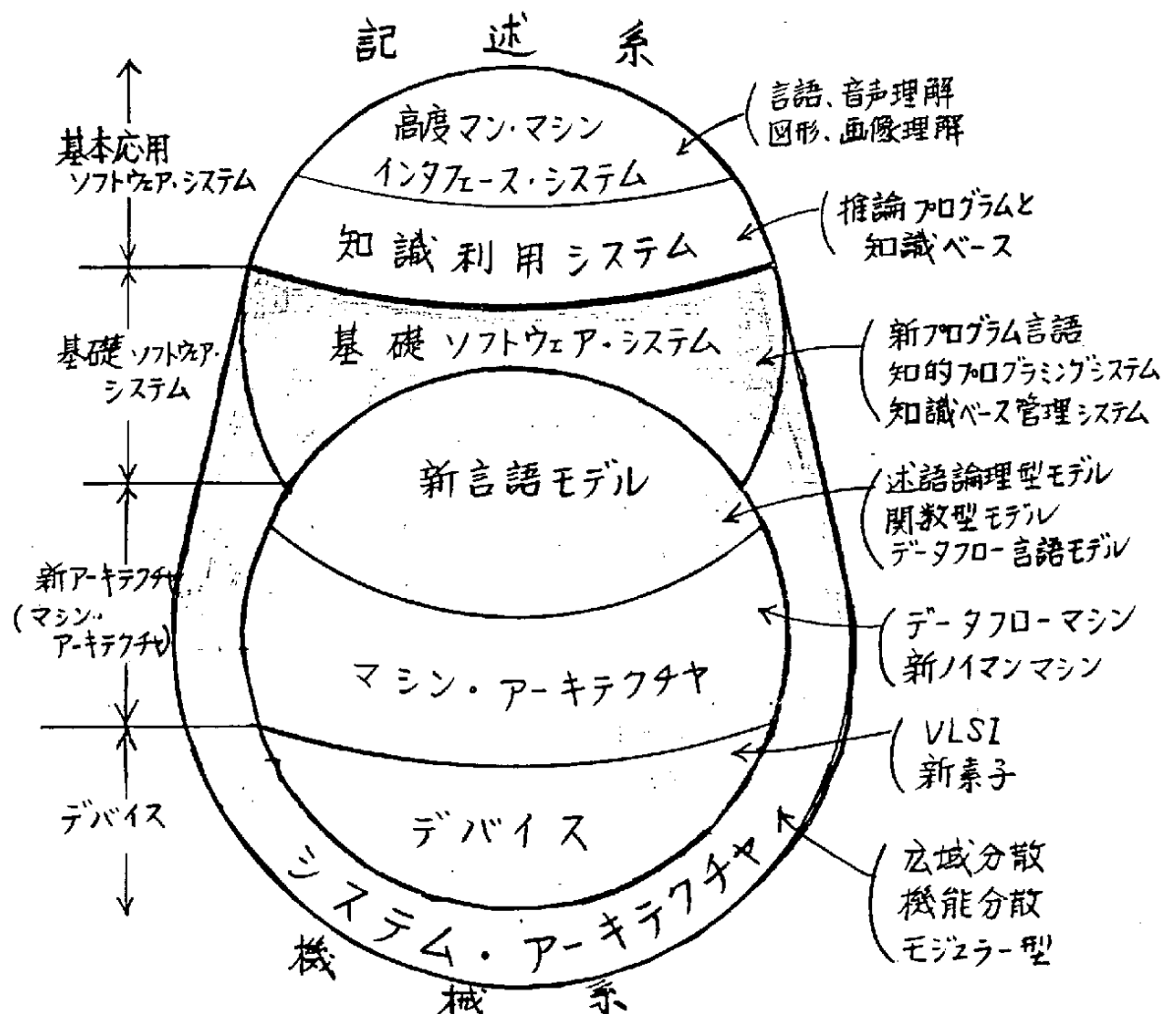
- 自然言語、音声、図形、画像、記号の各理解機構
- 情報（データ）の意味を理解し、知識として利用できる機構
- 記憶しているデータから自動的に関連情報を取り出す連想機構
- 記憶しているデータをもとに、未知の問題に対して推理し結論を導く推論機構
- 新しい問題の対応内容を高度に活用できる形にして自ら記憶する学習機構

(2) 機械系 (ハードウェア, アーキテクチャ)

高集積化技術を最大限に生かし、多様な処理対象に適合する機械系。

- 記述系に最適なアーキテクチャ
- 超並列マシン・アーキテクチャ (ハードウェアの並列構造を問題に応じた構成に適合させるアーキテクチャも含まれる。)
- 高度な分散システム・アーキテクチャ
広域分散, 機能分散, モジュラー型システム, 既存型システムの接続
- VLSIの機能を最大限に生かすアーキテクチャ
- 新素子 (GaAs, JJ 等) にも対応できるアーキテクチャ

(3) 第5世代コンピュータ・システムのイメージ



2. 研究開発の課題とストーリー

2.1 開発目標

2.1.1 研究開発テーマ

第5世代コンピュータ・システム

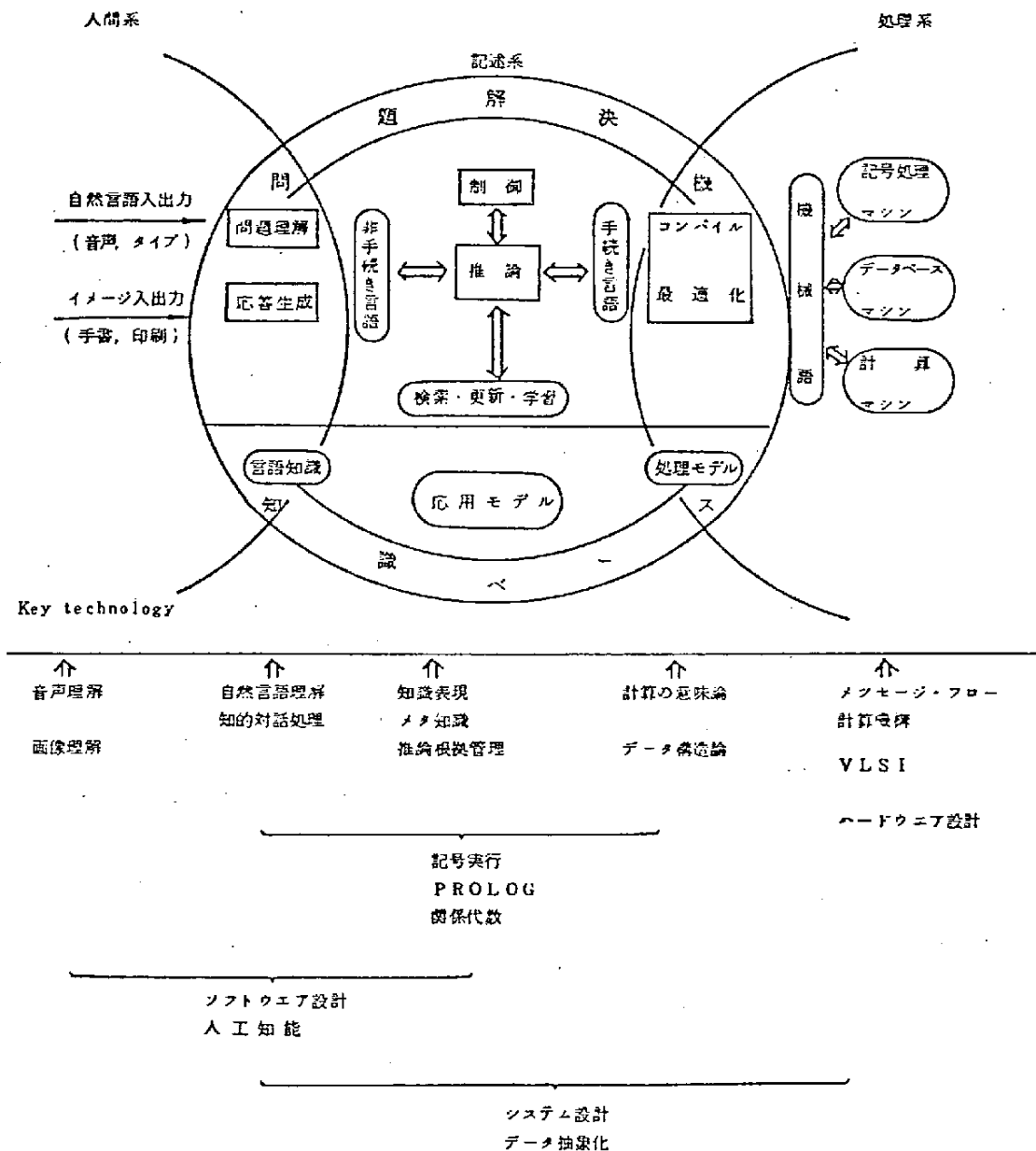
2.1.2 開発目標

- 新応用分野に対応でき、人間の要求とコンピュータとのギャップを少なくする記述系と、高集積化技術を最大限に生かし多様な処理対象に適合する機械系を有する、知識情報処理指向のコンピュータ・システムを実現する。
- 1990年代初頭にプロトタイプの開発を完了する。

開発目標については、後期において第5世代コンピュータ・システム実現に必要な研究開発課題に対し具体化する。

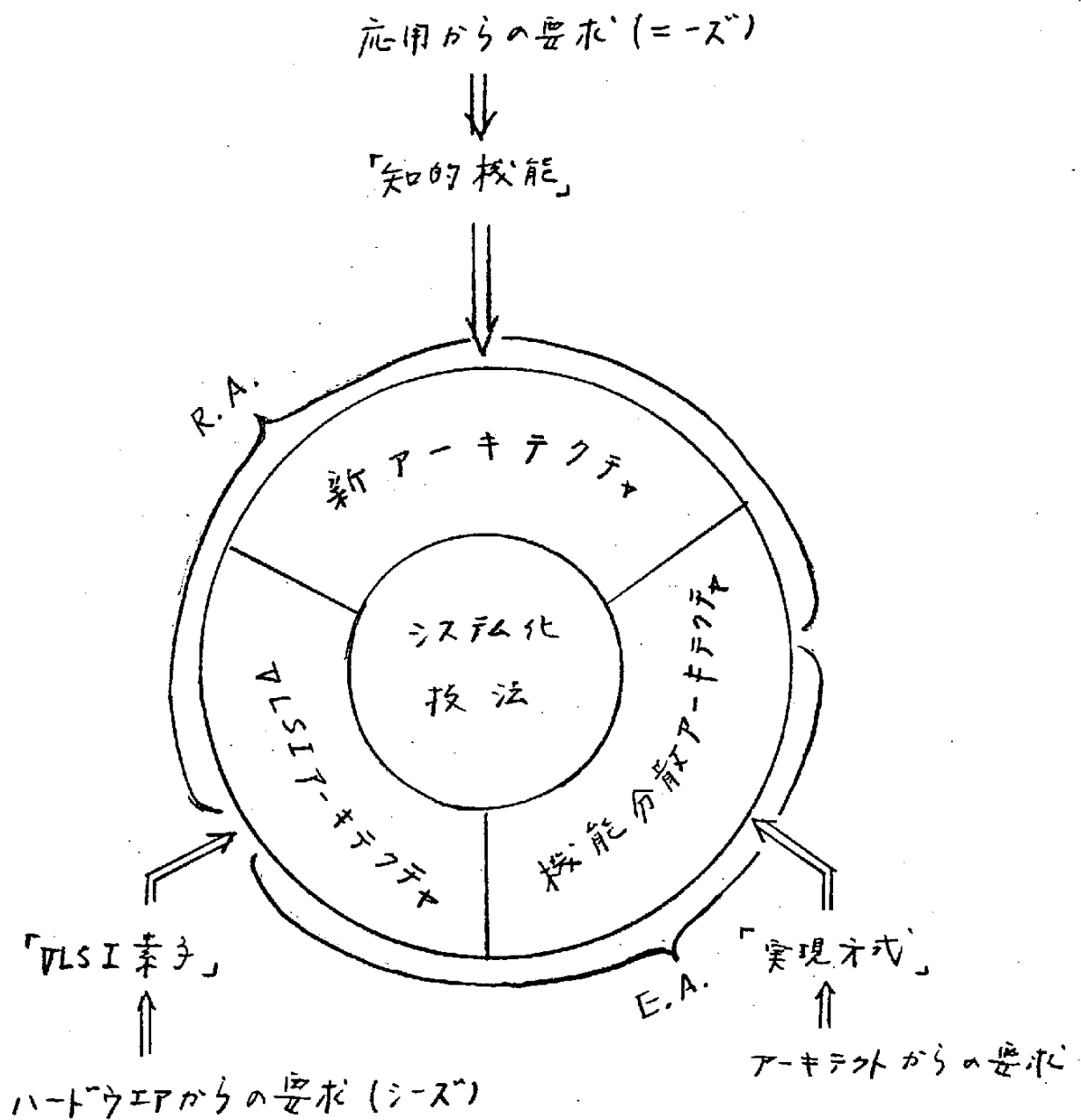
2.1.3 開発内容(総論)

(1) システムのイメージ (機能イメージ)



知識情報処理システム(KIPS)の基幹的機能

- ・ 高度なマン・マシン・インタフェース(⇒意味の理解、知的対話能力)
- ・ 問題解決機能(⇒知識の保有・獲得と推論機能)
- ・ ソフトウェアの要件(⇒非数値処理、学習・推論、非決定アルゴリズム、
データ抽象化と階層的プログラミング、
ルール・ベース・プログラム変換)
- ・ ハードウェアの要件(⇒記号処理マシン、データベースマシン)

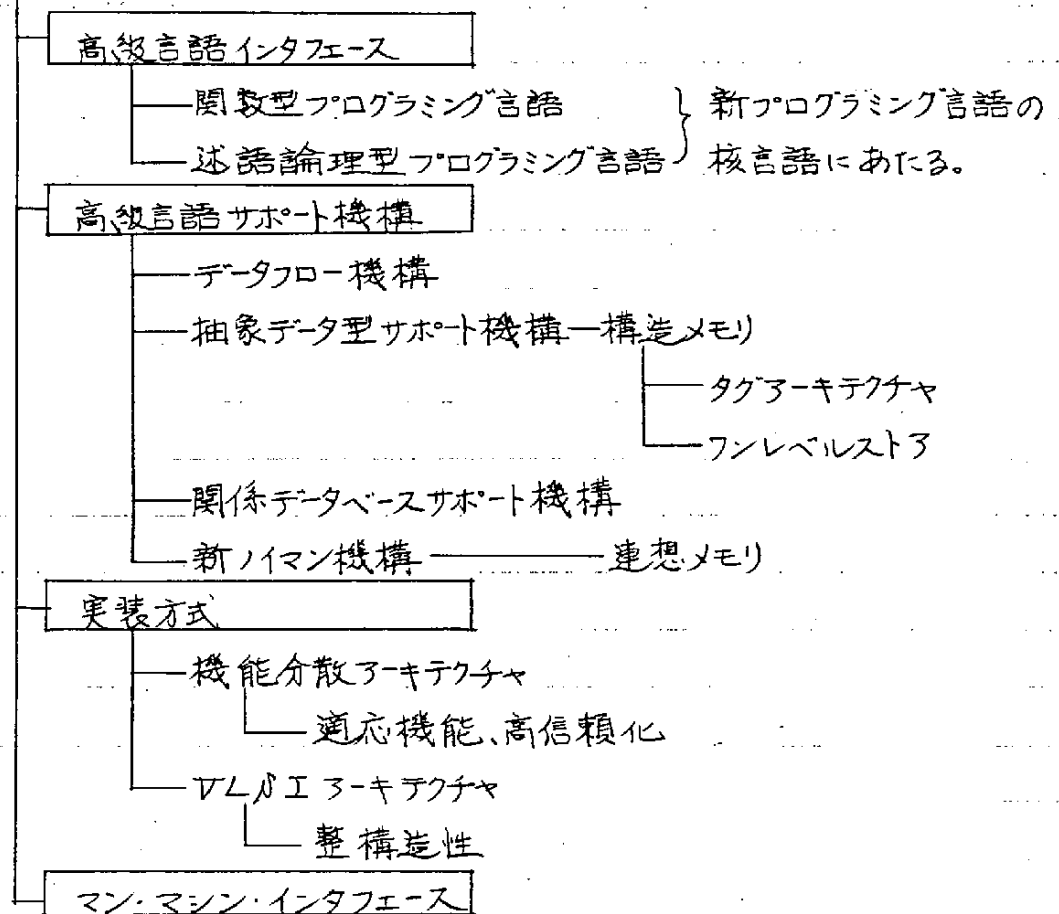


R.A. : 革新的アーキテクチャ (Revolutionary Architectures)

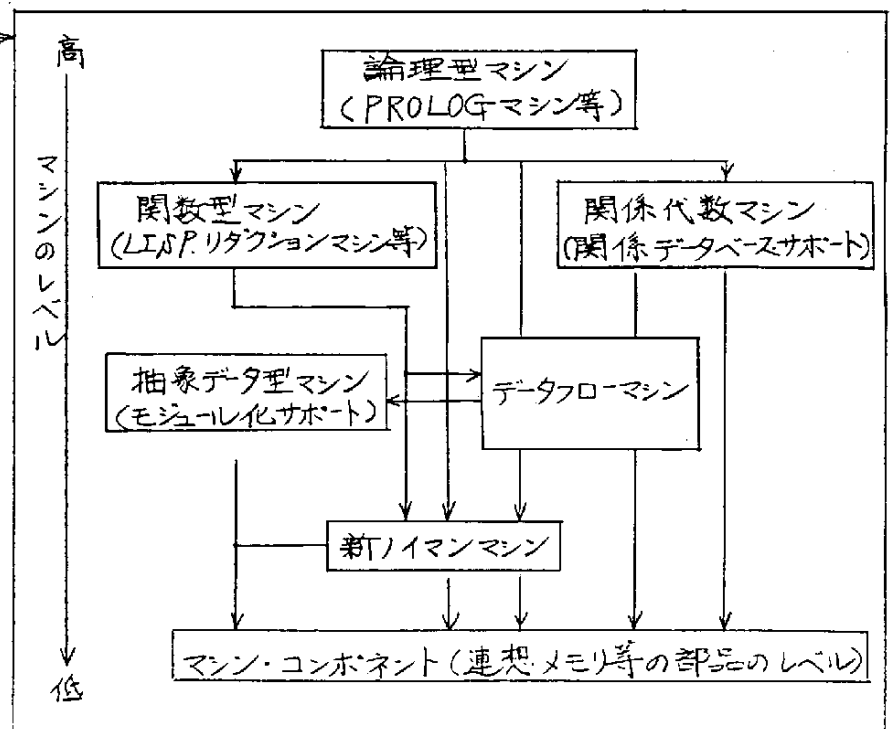
E.A. : 進化的アーキテクチャ (Evolutionary Architectures)

図 オ5 分散計算機アーキテクチャのとりえ

(2) ハードウェア・システム



- ① 個々との機構は、それぞれが研究開発課題である。
- ② アプローチとしては、6つの独立したマシンとして研究をスタートさせる。
- ③ これらの間の対応関係は →
- ④ これは将来融合するかもしれないし、組み合わせて用いられるかもしれない。



(3) ソフトウェア・システム

基礎ソフトウェア・システム

新プログラム言語と知的プログラミング・システム

核言語及びシステム記述言語と知的プログラミング・システム。基本機能部分となる。

知識ベース管理システム

ハードウェア仕様記述ベース, ソフトウェア仕様記述ベース, 新プログラムモジュール・ベースを含む。

基本インタフェース・システム

図形文字ディスプレイ装置への入出力パッケージ, 基本ネットワークパッケージから成る。

基本応用ソフトウェア・システム

基本応用推論プログラム

機械翻訳プログラム

プログラム検証・合成プログラム

数式処理プログラム

高次定理証明プログラム

VLSIチップ設計支援プログラム

知識ベース設計支援プログラム

一般応用関連推論プログラム

- プログラム変換プログラム
- 知識ベース(データベース)変換プログラム システム関連推論プログラム
- システム解説プログラム
- 知的故障診断・保守プログラム

基本応用知識ベース

- 日本語辞書ベース
- 各国語辞書ベース
- 日本語構文規則ベース 自然言語関連ベース
- 各国語構文規則ベース
- 日常基本語・基本文型・基本ソフトベース
- ハードウェア・システム仕様記述ベース
- ソフトウェア・システム仕様記述ベース
- エライティ・プログラム・ベース (基本応用推論プログラム・ベース) システム関連ベース
- プログラム言語マニピュレータベース
- プログラム言語意味ベース
- 基本プログラム型ベース
- VLSI設計技術ベース
- 計算機アルゴリズムベース
- 要求仕様型ベース 一般応用関連ベース

基本 応用的フェース・システム (知的フェース・システム)

- 音声入出力 (認識・合成) システム
認識用推論システム, 認識規則ベース, 合成規則ベースを含む。
- 日本語 (各国語) 入出力システム
形態素分析, 構文解析のため推論システムと知識ベースを含む。
- 図形・画像 入出力システム
基本的な特徴抽出のため推論システムと知識ベースを含む。

応用システム

- 知的 CAE/CAD システム
- 知的 CAI システム
- 知的 OA システム
- 高機能知能ロボット

2.2 研究開発課題

第五世代コンピュータシステムを実現するために、'90年代'に向けて研究開発すべき課題は、現在整理体系化中であるが、その内容は以下の通りである。

2.2.1 基礎理論(ソフトウェアシステム) 関連研究開発課題

(1) 基礎ソフトウェアシステム

推論マシンと知識ベースに基づいた第五世代コンピュータシステムがサポートすべき最も核となるソフトウェアシステムである。このソフトウェアシステムを用いて、基本応用ソフトウェアシステムや種々のアプリケーションが作られる。

1-1) 知識ベース管理システム (KBMS)

知識ベース管理システムは、知識ベースに対する汎用の管理システムである。これを実現するためには、知識の表現方法と蓄積方法、知識の利用方法、知識の更新(追加, 削除, 挿入)方法等の研究開発や知識ベース設計・作成支援システムの開発が必要である。

1-2) 知的プログラミングシステム

ユーザの要求にしたがいアルゴリズムバンク(知識ベース)から必要な機能を持つプログラムを取り出し、推論しながら要求に合う様に合成するとともに、つくられたプログラムが要求を最適に満足していることを容易に検証できるシステムの研究を行う。

1-3) 新プログラミング言語

新プログラミング言語は、第五世代コンピュータシステムの全てのアプリケーションに共通な機能をまとめたものである。この言語は、マシンアーキテクチャ設定の出発点となるもので、既存ソフトウェアの問題点(生産性, 進化性)を克服するものであるとともに、人工知能やプログラム基礎論等の成果としての関数型/論理型プログラミングに基づくものである。

(2) 基本応用ソフトウェアシステム

第五世代コンピュータシステムの種々の応用(CAE/CAQ, DSS, OA等)で必要となる高度な共通機能を手とめ上げたもので、以下の様な各種理解システムの基本構成要素から成る。各理解システムは、それぞれ単独のシステムを構築するという想定で出発するが、プロジェクトの後半部で基本応用ソフトウェアシステムへの統合化が図られる。さらに、新しい高機能でスマートなマンマシン・インタフェースシステムの構造が定まる。

2-1) 自然言語理解システム

自然言語理解システムは、柔軟なマンマシン・コミュニケーション実現のために必要となる。推論と知識ベースを用いて、自然言語文の構文を解析し、意味や談話を理解することと、問題解決の機構が必要となる。おもに日本語を対象とし、言語理解の一般的なモデルとシステムを研究開発する。

2-2) 機械翻訳システム

多言語間の翻訳は、社会の国際化に伴い必要となる。2-1)とともに、翻訳機構や知識ベースを用いた巨大用語集、テキスト用データベース等の研究が必要となる。

2-3) 音声理解システム

コンピュータとの対話、機械翻訳や種々の作業の最適・最高のインタフェースとして必要である。知識ベースを用いた音声合成、意味処理及び使い易い入出力ハードウェアの研究が必要である。

2-4) 図形・画像理解システム

図形・画像の意味を理解し、処理し、必要な図形・画像を検索するシステムの研究を行う。図形・画像情報の記述法、これと言語との関連、生成技術等の研究が必要である。

2-5) 知識利用システム

種々のコンサルテーションシステム、知的教育システム、知的エージェントシステム等の具体的なアプリケーションに容易に知識情報処理システムを適用させるため、高機能化より一般化と簡易さを重視した汎用の知識利用システムを研究開発する。

2-6) 記号理解システム

数式、論理式、プログラム、ゲーム等、記号化された情報の表現と理解の機構を明らかにする。具体的には、数式処理の汎用問題解決システム化、著フレーミングシステムを研究開発する。

2.2.2 アーキテクチャ 関連研究開発課題

(1) 新アーキテクチャ

コンピュータに対する知識情報処理システムからの要求を満たすアーキテクチャの研究開発を目的とし、次世代コンピュータアーキテクチャへのトッポダウン的アプローチである。

1-1) 述語論理マシン

推論の基本となり、また自然言語に近い表現力を有する述語論理の計算モデルおよびプログラミング言語をサポートするアーキテクチャを研究開発する。

1-2) 関数型マシン

記号処理に適し理論的基盤に基づく、関数型のモデルおよびプログラミング言語をサポートするアーキテクチャを研究開発する。

1-3) 関係代数マシン

関係代数をインターフェース言語とするマシンであり、その処理は集合演算を目的としており、将来のデータベースシステムの中核となると考えられる。

1-4) 抽象データ型マシン

巨大で複雑なソフトウェアのモジュール化をいかにしてアーキテクチャ側からサポートするかに重点をおき、将来の計算機のメモリの構造やプロセッサの機能を求めることが中心課題となる。

1-5) データフローマシン

高度な並列処理の実行を目的とし、並列処理を基本的に含むデータフローモデルに基づくアーキテクチャの実現をその目標とする。

1-6) 新ノイマンマシン

ノイマン型マシンの改良、ならびに高度のVLSI化により、ノイマン型マシンの利点を生かすアーキテクチャを研究開発するものであり、既存システムから新システムへの移行にとって重要な課題である。

(2) 機能分散アーキテクチャ

VLSIを前提とし、かつ evolutionary なアーキテクチャの側面を重視した研究開発課題であり、新アーキテクチャと VLSIアーキテクチャの融合を具象化するためのレベルとして重要である。

2-1) 機能分散システム

一貫した理念のもとに、高効率、高信頼で使い易く構築しやすく、将来の技術改良に対応しやすく、高機能で、各種のマシンシステムレベルに対応できる機能分散システムの研究開発。

2-2) ネットワーク・アーキテクチャ

地域的に離れて設置されているコンピュータシステムを疎結合するためのアーキテクチャ。第5世代では高速のローカルネットワークによる分散情報システムの形態も想定しており、両ネットワークの融合利用のための技術の研究開発する。

2-3) 高速演算マシン

科学技術計算を高速処理するための専用マシンも研究開発するものがあり、実験に代る数値シミュレーション等、その重要性は増大する。

2-4) データベースマシン

データベースの処理に適したアーキテクチャを持ち、大容量データベースに高速アクセスできる専用マシンの研究開発。

2-5) 高度マンマシンコミュニケーションシステム

人間向きの対話能力（インテリジェンス）を計算機システムに付与するための技術の研究開発。

2-6) 分散処理・分散型データベースシステム^{*}

グローバル/ローカルネットワークによって結合された複数の種々のデータベースシステムを結合利用させる分散型データベースシステム（DDBS）と、これを用いた分散処理システム（DPS）との融合を研究し、さらに知識ベースシステムを統合利用するなどを旨としたシステムを研究開発する。

* この課題はシステム技術研究開発の検討成果である。

(3) VLSI 技術

VLSI を最大限に利用するアーキテクチャの研究開発で、構成素子からの第5世代コンピュータアーキテクチャへのアプローチである。

3-1) VLSI アーキテクチャ

1990年頃に登場すると予想される1000万トランジスタ/チップ程度のVLSIの特徴を最大限に生かすことを目的としたアーキテクチャの研究開発である。

3-2) 素子技術

将来のコンピュータアーキテクチャの基盤を支える技術であり、シリコンを基材とするVLSI、新素子〔・ジョセフソン接合素子、・化合物半導体(GaAs等)〕、光関連技術、等 がテーマとなる。

3-3) VLSI-CAD と 評価技術

超高集積化に伴いVLSIの設計と評価は難しくなる。この問題を解決するためのCAD(Computer Aided Design)と評価技術の研究開発する。

(4) システム化技法

第5世代コンピュータをシステムとしてまとめるための技術の総称であり、アーキテクチャ構築法をテーマとする。

4-1) ダイナミック アーキテクチャ

高いコストパフォーマンスとシステムの柔軟性・拡張性を保証するため、ダイナミック・マイクロ・プログラミングや適応化技術、等のアーキテクチャ技術の研究開発する。

4-2) ソフトウェア指向 アーキテクチャ

ソフトウェアの作成・合成・検証を容易にするためのアーキテクチャ技術およびユーザに対して種々のソフトウェア、ハードウェア資源を効率良く提供、かつ管理する仮想化技術の研究開発する。

4-3) 超高信頼化 技法

メンテナンスし易く、誤動作・故障に耐え得るコンピュータシステム(ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェアを含めて)を目指す技法の研究開発である。

4-4) 知的設計開発 技法

新しいアーキテクチャ概念にもとづくコンピュータの、方式設計/論理設計のための方法論と開発支援システムの研究開発である。

2.3 研究開発のスケジュール

(1) 想定される研究開発スケジュール

年度	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
スケジュール	調査									
				要素技術の実用化研究						
			ハードウェア		設計		試作・評価		試験	
					ソフトウェア		設計・作成			
										プロトタイプ 開発完了

(2) 開発体制の検討

第5世代コンピュータの開発には、今後の情報関連技術の中核となる最先端技術が必要であり、大学、政府系研究機関、メーカー、ユーザーがその得意とする分野に応じて積極的に参加できるような、新世代にふさわしい柔軟な開発体制が望まれる。

また、外国からの研究者、外資系メーカー等が参加する可能性や、外国の政府、企業との共同研究についても検討していく必要がある。

3. "オ5世代コンピュータ" プロジェクトの 意義と効果

経済大国といわれるまでに~~成~~成長した我が国産業の
進むべき方向を考えると、先進国追従形の従来の
開発体制を脱皮して、新しい研究・開発体制のあり
方をめぐり、国家プロジェクトの姿を模索すること
の意義は大きい。特に科学技術分野の中で最先端分
野の一つと考えられる情報科学・情報工学の分野で
このような立場のプロジェクトを試みることは他の
科学・工学分野における新体制確立にも大きな影響
を及ぼすものと考えらる。

オ5世代コンピュータプロジェクトの目指す役割
と効果についてその一例を列挙する。

- (1) このプロジェクトを通じ、コンピュータ技術
開発の面で我が国が世界で先導的役割を果たすこ
とになる。

⇒。コンピュータ産業の強化

。ソフトウェア危機の解消

。省エネルギー，生産性向上など今後に予想される社会のボトルネックの解消

。国際協力の推進

(2) 未踏分野の開拓を通じて人間社会の進歩へ積極的に貢献すること。

⇒。人工知能・知能ロボットの実現

。自動通訳・自動翻訳の実現

。新しい知覚・知見の獲得

。知識ベースの構築

(3) 我が国産業の高度化と、知識集約形産業における輸出力の増強。

(4) 長期的視野に立った本格的な研究・開発体制と確立することに対する国家レベルでの実験プロジェクトとして位置付けられる。

⇒。独創性を生み出すためにも必要

